Mädler, Johann Heinrich <<von>>,

Populäre Astronomie

Berlin 1841

Astr.u. 102 h
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10061029-7

Astr. Un. Maedler
102 h

Populäre
ASTRONOMIE

von

Dr. J. H. Mädler.

Kaiserlich Russischem Hofrathe, ordentlichem Professor der Astronomie an der Universität Dorpat und Direktor der Sternwarte daselbst.

Nebst 51 Figuren und einem Atlas, 11 Tafeln enthaltend.

Berlin, 1841.

Verlag von Carl Heymann.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Das Vaterland verlassend, um einem Rufe nach Russland zu folgen, beabsichtigte ich, mit dem vorliegenden Werke den Beschluss meines astronomischen Wirkens in meiner Vaterstadt zu machen, aber erst von der Ferne aus konnte das Ganze vollendet werden, was einige Druck- und Interpunktionsfehler etc. zur Folge gehabt hat, die der geneigte Leser entschuldigen und die unwesentlicheren, die nicht in dem angehängten Verzeichniss mit aufgenommen sind, selbst verbessern wolle.

Seit einer Reihe von Jahren habe ich Vorlesungen über Himmelskunde im populären Sinne gehalten, deren steigende Frequenz mir den Beweis lieferte, dass meine Bemühungen keine verfehlte und erfolglose blieben. Hier nun war es besonders, wo sich der Wunsch nach einem, denselben Lehrgang und die gleiche Behandlungsweise durchführenden astronomischen Werke aus-

sprach, wie es denn auch durch diese Vorträge unmittelbar entstanden ist. Etwas Ueberflüssiges fürchte ich in keiner Weise gegeben zu haben. Diejenigen Werke, die eine ganz andere Tendenz haben und sich auch nicht als populäre Schriften ankündigen, stehen hier ausser der Vergleichung; ob an ihnen Mangel oder Ueberfluss sei, kommt hier nicht in Betracht. Die sich populär nennenden sind leider nur zu häufig von Solchen geschrieben, denen eine gründliche Kenntniss des Gegenstandes, zumal von seiner praktischen Seite, abgeht — und es ist gewiss einer der schlimmsten Irrthümer, dass man glaubt, um das Volk zu belehren, brauche man den zu behandelnden Gegenstand selbst nur oberflächlich zu kennen — oder denen, bei an sich gründlicher Kenntniss, der pädagogische Takt abgeht, ohne welchen der Vortrag ungeniessbar und unverständlich für das Volk werden muss. Endlich besitzen wir, wiewohl in geringer Zahl, Arbeiten praktischer und bewährter Astronomen, die keinen der hier angeführten wesentlichen Mängel sich zu Schulden kommen lassen; aber theils sind sie zu voluminös und umfassen zu viel von den Hülfswissenschaften der Astronomie, theils gehen sie zu wenig auf die speciellen Verhältnisse der einzelnen Weltkörper ein, während es doch gerade diese sind, welche das Studium astronomischer Schriften für den Laien so überaus interessant machen.

Ob und wie weit es mir gelungen sei, den Forderungen Genüge zu leisten, die ich vorstehend angedeutet habe, muss dem Urtheile der Kenner anheimgestellt bleiben: wohl aber können sie das Ziel bezeichnen, wel-

ches ich vor Augen hatte. Weitläuftige Digressionen über blos mögliche Verhältnisse habe ich sorgfältig vermieden und überhaupt die Popularität nicht im Wortreichthum suchen zu müssen geglaubt. Wo dagegen die kürzere und elegantere Entwickelung nicht die gemeinverständlichste war, habe ich letztere vorgezogen und das, was einer elementaren Herleitung durchaus unfähig ist, nicht durch Scheinbeweise gestützt, sondern als transcendent für unsern Standpunkt bezeichnet.

Vor Allem aber bin ich bemüht gewesen, das, was wir über die besondre (physische) Beschaffenheit jedes Weltkörpers durch Beobachtungen wissen und aus ihnen weiter folgern können, in möglichster Vollständigkeit mitzutheilen. Die Topographie des Sonnensystems so wie die übrigen eigentlich beschreibenden Abschnitte betrachte ich als diejenigen Theile meines Werkes, die das meiste und allgemeinste Interesse zu erregen geeignet sind, und in denen ich Alles zusammenzustellen versuchte, was gerade die neueste Zeit uns kennen gelehrt hat, und was man noch wenig oder gar nicht in populären Schriften findet. Meine eignen Forschungen über verschiedene Gegenstände der physischen Astronomie habe ich gehörigen Orts mit aufgenommen; der Abschnitt über den Mond ist fast allein auf diese gegründet. Noch habe ich rücksichtlich der Correctur des Werkes vielen Dank dem Herrn *Rebenstein*, sowie bei dem letzten Drittheil des Werkes dem Herrn *Galle*, in Berlin, zu sagen, durch deren Bereitwilligkeit ein Theil der Uebelstände entfernt worden ist, die fast immer mit der Herausgabe einer Schrift verknüpft sind, deren Verfasser durch Hunderte

von Meilen vom Druckorte getrennt ist. Gern und aufrichtigst entledige ich mich hierdurch öffentlich dieser Pflicht. Die Figuren, welche zur Erläuterung nöthig schienen, sind dem Werke beigegeben; nicht minder werden in einem besondern Atlas Darstellungen der Oberflächen verschiedener Weltkörper, so wie einige Sternkarten mitgetheilt, die den Freunden der Astronomie nicht unwillkommen sein dürften, weshalb ich den Herrn Verleger veranlasst habe, diesen Atlas auch einzeln zu verkaufen.

Dorpat 1841.

J. H. Mädler.

Inhaltsverzeichniss.

Einleitung. S. 1—6.

Erster Abschnitt. Die Himmelskugel und ihre Eintheilung. Himmelsgloben und Himmelskarten S. 7—19.

Zweiter Abschnitt. Die Erde als Weltkörper betrachtet. S. 19—34.

Dritter Abschnitt. Die Atmosphäre der Erde und ihre Wirkungen in Bezug auf astronomische Erscheinungen. S. 34—44.

Vierter Abschnitt. Das Sonnensystem. Meinungen der Alten; *Ptolemäi*sches, *Copernica*nisches System; Erklärung der Erscheinungen nach letzterem. S. 44—71.

Fünfter Abschnitt. Gesetze der Bewegung und Anwendungen derselben. Fall. Pendel. Zusammengesetzte Bewegungen. *Kepler*sche Gesetze. S. 71—121.

Sechster Abschnitt. Topographie des Planetensystems der Sonne. S. 122—346.

Erster Theil, die Sonne S. 122.

Zweiter Theil, die Planeten und ihre Monde S. 138. Merkur S. 140. Venus S. 142. Die Erde S. 152. Der Erdmond S. 157. Mars S. 210. Die vier kleinen Planeten S. 220. Ceres S. 221. Pallas S. 223. Juno S. 226. Vesta S. 227. Aeussere Planeten. Jupiter S. 228. Die Trabanten Jupiters S. 236. Allgemeine Betrachtungen über das Jupiterssystem S. 246. Saturn S. 253 Die Trabanten Saturns S. 266. Uranus S. 272.

Dritter Theil, die Kometen S. 282. Abriss einer Geschichte Kometenerscheinungen S. 302.

Siebenter Abschnitt. Die Störungen. S. 347—375.

Achter Abschnitt. Die Fixsterne, Nebelflecken und Sternhaufen S. 375—445.

Sternbilder, Bezeichnung und Grössenclassen der Fixsterne. S. 377. Eigene Bewegung derselben S. 387. Entfernung S. 392. Die Milchstrasse S. 398. Ueber veränderliche Sterne S. 406. Neu erschienene Sterne S. 412.

Die Nebelflecke und die ihnen ähnlichen Bildungen S. 417. Verzeichniss einiger der merkwürdigsten Nebelflecke und

Sternhaufen S. 427. Doppelnebel S. 435. Sternhaufen S. 438. Nebelsterne. S. 443.

Neunter Abschnitt. Die Doppelsterne. S. 445—508.

Physische und optische Doppelsterne S. 457. Bewegungen derselben S. 470. Beschreibung einiger merkwürdigen Doppelsterne. S. 486.

Zehnter Abschnitt. Chronologie und kurzgefasste Geschichte der Astronomie S. 508—568.

Bestimmung der Zeit S. 508. Sonnenuhren S. 511. Räderuhren S. 519. Eintheilung der Zeit S. 520. Kalender 522. Kurzgefasste Geschichte der Astronomie S. 531.

Berichtigungen in den Figurentafeln.

Fig. 15. sind in der Richtung der Zahlen zwei Pfeile beizufügen.
- 17. T, T' statt T', T''
- 23. zwischen B und P: ☋ statt ☊.
- 24. fehlen an den Spitzen des Kegels die Buchstaben A, B, C.
- 25. fehlt in der Mitte von AC : D.
- 29. fehlen zwischen D und E die Buchstaben B, A, C und unten F.
- 30. Statt der Buchstaben:

a b	ist zu schreiben:	a b
c	—	O
c	—	C
B	—	D E
A	—	A B.

- 32. An dem rechten Winkel fehlen die Buchstaben: A B
C
- 33. fehlt im Mittelpunkt S.
- 34. fehlt im Brennpunkt S; und statt L lies L'.
- 35. fehlt S an der Spitze des Winkels.
- 42. fehlt ein Pfeil in der Richtung $V'''V$ und statt:

a a'
b b' setze man: b b'
a' a

Einleitung.

Astronomie (Sternkunde, Himmelskunde) ist diejenige Wissenschaft, welche aus den Erscheinungen der Himmelskörper am Firmamente selbst ihre Bewegungen kennen lehrt.

Sie theilt sich sowohl nach der Beschaffenheit der zu untersuchenden Gegenstände als nach der Behandlungsweise und dem jedesmaligen Zwecke der Beobachtung in verschiedene Zweige. Die sphärische Astronomie hat es zunächst mit den Erscheinungen selbst zu thun. Sie lehrt uns die Himmelskugel mathematisch eintheilen und die Oerter an derselben bestimmen; sie hat hauptsächlich die sphärische Trigonometrie zur Grundlage und steht in genauester Verbindung mit der mathematischen Geographie. Alle Weltkörper werden in ihr als an der Oberfläche einer Kugel befindlich gedacht, und der Standpunkt des Beschauers als Mittelpunkt dieser Kugel angenommen. — Die praktische Astronomie im engern Sinne lehrt die Beobachtungen zweckmässig anordnen und anstellen; mithin begreift sie den Gebrauch und die Behandlung der Instrumente, die verschiedenen Methoden der Beobachtung, die genaue Bestimmung der Zeit, als des nothwendigsten Grundelements aller unsrer Wahrnehmungen; sie lehrt die störenden äussern Einflüsse berücksichtigen und durch Rechnung beseitigen, also die Beobachtungen so darzustellen, wie sie ohne jene Einflüsse gemacht

worden wären. — Die theoretische Astronomie untersucht die Gesetze der Bewegung und stellt die Regeln auf, vermittelst welcher aus den Beobachtungen die wahren Verhältnisse des Laufs und die gegenseitigen Stellungen der Himmelskörper gefolgert werden können. Sie ist vorzugsweise die Wissenschaft des astronomischen Berechners und setzt uns in den Stand, künftige Erscheinungen am Himmel vorauszubestimmen. Dieser Theil der Himmelskunde ist es namentlich, welcher die gründlichste Kenntniss der Mathematik nach ihrem ganzen Umfange voraussetzt. — Die physische Astronomie — zu welcher als Gegensatz die vorstehend aufgeführten Theile insgesammt mathematische sind — untersucht, so weit dies möglich ist, die Beschaffenheit der Himmelskörper so wie des Raumes, in welchem sie sich bewegen. Sie setzt Hülfsmittel voraus, durch die man nicht allein den Ort der einzelnen Weltkörper wahrnehmen, sondern sie selbst einzeln nach ihren Besonderheiten betrachten kann. Geht sie über das, was die Beobachtungen mit Sicherheit zu folgern gestatten, hinaus, und untersucht sie z. B. nach Wahrscheinlichkeitsgründen den Zweck der Weltkörper, die Beschaffenheit ihrer Bewohner u. dgl., so wird sie Conjecturalastronomie und ist als solche eigentlich kein Theil der Wissenschaft. — Die geographische und nautische Astronomie, die astronomische Chronologie u. dgl. sind besondere Anwendungen ihrer Lehren zu praktischen Zwecken. Durch sie bestimmen wir die Lage der einzelnen Orte auf unsrer Erde, wobei die Geodäsie oder Erdmesskunst mitwirkt; der Seefahrer findet vermittelst derselben die einzuschlagende Richtung seines Schiffes und den Ort desselben im Weltmeere; sie verschafft uns den Kalender, so wie die Mittel, sowohl die Tages- und Nachtzeit zu bestimmen als auch in die Vergangenheit zurückzugehen und historische Data zu berichtigen und festzustellen. Hierher gehört auch noch die Gnomonik oder die Kunst, Sonnenuhren verschiedener Art zu verfertigen, aufzustellen und zu gebrauchen.

Sowohl diese mannichfachen Gesichtspunkte und die grosse

Anzahl der zu beobachtenden Gegenstände, als auch der genaue und nothwendige Zusammenhang der Astronomie mit vielen anderen Zweigen der Wissenschaften machen sie zur umfangreichsten und schwierigsten aller menschlichen Kenntnisse; und die Grösse und Erhabenheit ihres Gegenstandes so wie die hohe Ausbildung, welche sie namentlich in unsern Tagen erlangt hat, haben ihr den Namen Königin der Wissenschaften erworben; wünschen wir, dass sie zu allen Zeiten eines so stolzen Titels sich würdig zeigen und dass alle ihre Bearbeiter stets nur ein einziges Ziel: Erforschung der Wahrheit, vor Augen haben mögen. Ihre festen Grundlagen sind nunmehr für ewige Zeiten unabänderlich gesichert und nur der weitere Ausbau nach innen und aussen, die fortschreitende Entwickelung auf consequentem Wege ins Unendliche hinein ist der Zukunft vorbehalten: eine erhebende und belohnende Aussicht, wie sie in diesem Grade keine einzige der menschlichen Wissenschaften von sich rühmen kann.

Zu den Hülfswissenschaften der Astronomie gehört vor allem die reine Mathematik in ihrem ganzen Umfange, sowohl die elementare als die höhere (Analysis) ja viele der wichtigsten analytischen Bearbeitungen sind allein durch die Probleme veranlasst, welche die Astronomie an die Hand gab. Ferner viele Zweige der angewandten Mathematik, und unter diesen vorzugsweise Mechanik und Optik. Erstere aus einem doppelten Gesichtspunkte: für genaue Kenntniss der astronomischen Werkzeuge und der Wirkung ihrer einzelnen Theile; und sodann als Mechanik des Himmels (wie zuerst *Laplace sie genannt hat)* zur Einsicht in den innern Zusammenhang der Bewegungen und zur Entwickelung der Bedingungen des Gleichgewichts und der Stabilität der Weltkörper und ihrer Systeme. Letztere, die Optik, ist namentlich dem Beobachter unentbehrlich, denn sie hauptsächlich lehrt uns die Instrumente verfertigen und zweckmässig anwenden, und giebt uns über viele Fragen der physischen Astronomie die folgenreichsten und wichtigsten Aufschlüsse. Ferner gehören hierher die Physik

im engern Sinne, insbesondere diejenigen Kenntnisse, welche man unter dem Namen der **Meteorologie** zusammenfasst: nicht (wie viele irrthümlich annehmen) als könne oder wolle der Astronom das Wetter vorausbestimmen; sondern weil der Luftkreis dasjenige Medium ist, durch welches wir die Himmelskörper erblicken und weil die darin vorgehenden Veränderungen sowohl auf den Ort wo, als auf die Art wie sie uns erscheinen, den wesentlichsten Einfluss haben. So beobachtet der Astronom **Barometer** und **Thermometer**, weil vom Drucke der Luft so wie von der Temperatur diejenigen Correctionen abhängen, welche er an seine Beobachtungen anbringen muss, um sie als reine und absolute darzustellen; er vermerkt Richtung und Stärke des **Windes** und den Zustand des Himmels in Bezug auf die verschiedenen Grade der **Heiterheit** sowohl, um sich und andere ein Urtheil über die verhältnissmässige Güte und Zuverlässigkeit der Beobachtungen an die Hand zu geben, als auch diese selbst und die anzuwendenden Hülfsmittel demgemäss anzuordnen*). — Unter den technischen Fertigkeiten, welche dem Astronomen zu seinen Zwecken dienlich sind, verdient besonders das **Zeichnen** hervorgehoben zu werden, vorzüglich wenn er physische Beobachtungen zu machen beabsichtigt. Denn nicht Alles lässt sich durch Zahlen allein darstellen; nicht jeder Gegenstand bis in's feinste Detail hinein direkt messen; sondern Vieles muss, auch wenn die möglichst grösste Fülle numerischer Bestimmung vorliegt, doch dem geübten Augenmaasse überlassen bleiben.

*) Durch diese Bemerkung soll nur ein sehr verbreiteter Missverstand beseitigt keinesweges aber wissenschaftliche Untersuchungen über den möglichen Einfluss der Himmelskörper auf die Witterung im Voraus verurtheilt werden. Der Astronom als solcher hat durchaus nicht die Aufgabe, derartige Untersuchungen anzustellen, und noch viel weniger die Verpflichtung, Hypothesen und Muthmassungen über die zu erwartende Witterung zu geben. Die Hauptursachen dieser Veränderungen liegen übrigens gewiss nicht im Stande der Himmelskörper (die Sonne ausgenommen), sondern (räumlich wenigstens) uns viel näher.

Diese Erfordernisse, so wie die äusseren Bedingungen guter Beobachtungen, sind allerdings nicht zu allen Zeiten richtig erkannt worden, und die Astronomie hat sich fremdartiger und ihren wahren Zweck beeinträchtigender Beimischungen nicht immer erwehren können. Alles was vor der Siftung der alexandrinischen Schule, und sehr Vieles von dem, was nachher, bis auf *Tycho's* und *Kepler's* Zeiten hin, in der Astronomie geleistet worden, ist mit diesen wesentlichen Mängeln behaftet, ja erst in unsern Tagen hat man angefangen, Sternwarten ganz zweckmässig zu erbauen. Lange Zeit hat die Himmelskunde der Alchymie und Astrologie einen ihrer gänzlich unwürdigen Dienst leisten müssen; im ganzen Mittelalter war sie wenig mehr, als eine noch dazu sehr unvollkommene Kalenderwissenschaft, und so wenig sie auch mit menschlichen Leidenschaften und Vorurtheilen in Berührung kommt, so hat sie dennoch zu verschiedenen Zeiten Verfolgungen und Schmähungen erduldet und vermag selbst Märtyrer aufzuweisen. In den letzten drei Jahrzehenden hat sie als Wissenschaft bedeutendere Fortschritte gemacht, als in vorangegangenen drei Jahrhunderten, und diese stehen wiederum zu den drei früheren Jahrtausenden in einem ganz ähnlichen Verhältniss.

In wiefern eine populäre Astronomie möglich und ausführbar ist, wird sich zum Theil aus dem Vorstehenden ergeben. Wer nichts weiter verlangt als einzelne Fragmente, mehr oder weniger interessante Notizen über diesen und jenen Weltkörper, von dem kann man allerdings sagen, dass er ganz und gar keiner Vorkenntnisse bedürfe. Wer dagegen *nicht so gänzlich* auf alle und jede eigne Einsicht in den wahren Verlauf der Erscheinungen verzichten, wer den Beweisen der wichtigsten Lehrsätze folgen, wer mit einem Worte eine — zwar nicht vollständige und streng systematische — doch aber in sich zusammenhängende Kenntniss der Hauptthatsachen sich erwerben will, der wird auch in den Hülfswissenschaften und vor allem in der Mathematik nicht durchaus Fremdling sein dürfen: insbesondere ist die Kenntniss der Trigonome-

trischen Linien vom wesentlichsten Einflusse. — Weit höhere Forderungen aber müssen an denjenigen gestellt werden, der selbstthätig die Wissenschaft fördern und insbesondere astronomische Rechnungen ausführen will; denn diese lassen sich nie auf so einfache Regeln bringen, dass eine Kenntniss der gewöhnlichen Arithmetik und etwa der Elementargeometrie ausreichend wäre.

Gegenwärtiges Lehrbuch soll nun eine besondere Rücksicht auf die zweite Klasse der Leser nehmen. Es wird demzufolge manche interessante Resultate, die aber einer elementaren Herleitung schlechterdings widerstreben, blos historisch und höchstens mit einer Andeutung des Weges, auf welchem sie erhalten worden sind, aufführen. Man wird Anleitungen, Planeten- und Kometenbahnen zu berechnen, hier vergebens suchen, da für diejenigen, welche sich darin versuchen wollen und können, vortreffliche Werke und einzelne Abhandlungen bereits zur Genüge vorliegen. Ueberall wird die möglichst einfache Entwickelung, selbst wenn sie nicht die kürzeste und eleganteste sein sollte, derjenigen vorgezogen werden, die ein höheres Maass von Kenntnissen voraussetzt, und wenn einerseits der Verfasser die Hoffnung hegt, dass Niemand, wie gering auch seine Vorkenntnisse sein mögen, sein Buch unbefriedigt aus der Hand legen werde, so wird doch andrerseits Niemanden die Mühe gereuen, sich möglichst gründlich zum Studium desselben vorbereitet zu haben.

Erster Abschnitt.

Die Himmelskugel und ihre Eintheilung. — Himmelsgloben und Himmelskarten.

§. 1.

Betrachten wir den Himmel und die an ihm erscheinenden Körper, so können wir uns ihn nicht anders als unter dem Bilde einer Kugel vorstellen, deren Grösse vorerst ganz unbestimmt bleiben muss, da uns kein direktes Mittel zu Gebot steht, die Entfernung der Himmelskörper zu bestimmen oder selbst nur annähernd zu schätzen, mithin vorläufig kein Grund vorhanden ist, den einen für entfernter als den andern zu halten. Wir ziehen daher in Gedanken grade Linien von unserm Standpunkt aus nach dem Himmelskörper, und die Richtung dieser Linie allein ist es, welche wir durch geeignete Hülfsmittel bestimmen können. Zwei Himmelskörper also (oder auch verschiedne Punkte, z. B. die beiden Ränder, eines und desselben Himmelskörpers) schliessen am Auge des Beschauers einen Winkel ein, und die Grösse dieses Winkels ist also das, was eine Beobachtung nur angeben kann.

Es ist leicht begreiflich, dass ein und derselbe Winkel sehr verschiednen Abständen der einzelnen Körper von einander entsprechen kann. Sei E der Standpunkt des Beobachters, und es möge der Winkel, welchen die von den Sternen a und b nach E gezogenen Linien daselbst einschliessen, dem andern, durch c und d an E gebildeten gleich sein. Ständen die Sterne nun wirklich in gleicher Enfernung von E, so würde auch der Abstand a b gleich dem c d sein, da im Kreise gleiche Bogen gleichen Winkeln angehören. Allein da wir nicht im Vor-

aus wissen, in welcher Entfernung die einzelnen Sterne von der Erde stehen, so können wir auch den obigen Schluss nicht machen, denn nähmen sie z. B. die Orte A, B, C, D im Weltraume ein, so würden sie an E zwar dieselben Winkel wie vorher bilden, aber die Distanz A B wäre gleichwohl von der c d sehr verschieden. Dasselbe gilt auch von den Durchmessern der einzelnen Weltkörper. Der Körper m wird von E aus unter demselben Winkel gesehen, als der beträchtlich grössere M, da Letzterer entfernter ist*). — Der beobachtete Winkel ist also nur die scheinbare Entfernung zweier, oder der scheinbare Durchmesser u. s. w. eines und desselben Himmelskörpers, aus welchem allein und ohne Zuziehung andererweitiger Bestimmungen nie die wahre Entfernung gefolgert werden kann.

§. 2.

Zum Behuf der Beobachtungen zieht man auf die scheinbare Himmelskugel, eben so wie auf der Erdkugel, gewisse Punkte und Linien. Denkt man sich nämlich eine Ebene durch eine Kugel so hindurchgelegt, dass ihr Mittelpunkt in diese Ebene fällt, so wird durch sie die Kugel in zwei gleiche Hälften getheilt und an der Oberfläche derselben ein Kreis beschrieben, dessen Radius und Mittelpunkt mit dem der Kugel selbst zusammenfällt und ausser welchem es keinen grösseren Kreis auf derselben geben kann. Wohl aber wird es, da man durch einen Punkt sehr viele Ebenen legen kann, auch sehr viele Kreise dieser Art auf der Kugel geben, die folglich alle den Namen grösster Kreise führen und die sich gegenseitig immer in zweien entgegengesetzten Punkten schneiden werden. Solche Durchschnittspunkte nennt man in der Astronomie Knoten und die sie verbindende, beiden Ebenen gemeinschaftliche Linie die Knotenlinie.

Auf der Kugel A C B D Fig. 2. ist A K B K ein grösster

*) Hieraus folgt, dass man wirkliche Entfernungen und Grössen am Himmel weder direkt messen, noch auch nur schätzen könne, und dass eine Schätzung nach einem wirklichen (liniären) Maasse keinen Sinn geben kann, sobald von Himmelserscheinungen die Rede ist, und dies sollten diejenigen wohl beachten, welche z. B. ein gesehenes Meteor beschreiben wollen. Ei e Angabe nach Graden, Minuten und dgl. ist freilich nicht Jedermann geläufig: ein solcher könnte aber bequem den Monddurchmesser, den Abstand bekannter Sterne wie Castor und Pollux u. dgl., zum Maasstabe nehmen, damit seine Schätzung einen richtigen Sinn habe.

Kreis (die jenseitige Hälfte desselben ist punktirt angedeutet) *CKDK* ein zweiter, K und k die gemeinschaftlichen Knoten *und* eine durch die Kugel von K nach k geführte gerade Linie *die* Knotenlinie.

Man errichte im Mittelpunkt der Kugel eine auf die Ebene eines grössten Kreises senkrechte Linie, und führe sie nach beiden Seiten bis zur Oberfläche der Kugel fort, so bezeichnet sie auf derselben zwei einander entgegengesetzte Punkte, welche die Pole dieses grössten Kreises genannt werden und die auf der Kugeloberfläche überall gleich weit von ihm abstehen. Liegt also z. B. das Auge genau in die verlängerte Ebene eines grössten Kreises, so werden dessen Pole gerade im Rande des sichtbaren Theiles der Kugel erscheinen; (Fig. 3.) in allen andern Fällen ist jedesmal nur ein Pol sichtbar, der andre abgewandt. Die gerade Linie selbst, welche die Pole verbindet, heisst in Beziehung auf sie die Axe.

So viel grösste Kreise man sich also auch gedenken mag, so wird zu jedem derselben eine Axe und zwei Pole gehören. Durch jede beliebigen zwei Punkte des Himmels aber kann ein grösster Kreis gelegt werden, da nur noch der Standpunkt des Beobachters hinzukommt und man durch drei Punkte allezeit eine Ebene legen kann. Jeden grössten Kreis aber theilt man (ohne Rüchsicht auf die Grösse der Kugel selbst) in 360 gleiche Theile (Grade), jeden derselben in 60 Minuten und diese wieder in 60 Sekunden, so dass der ganze Umfang 21600 Minuten oder 1296000 Sekunden enthält, und jeder beobachtete scheinbare Abstand u. dgl. wird also in Graden, Minuten und Sekunden dieses grössten Kreises angegeben werden können.

Legt man durch die beiden Pole eines grössten Kreises eine beliebige Anzahl grösster Kreise, so werden diese den erstern unter rechten Winkeln schneiden, und man nennt sie *dessen* Meridiane. (Der speciellere Gebrauch des Wortes Meridian wird weiter unten angegeben werden). Die Meridiane kann man nach dem Obigen ebenfalls in Grade u. s. w. theilen; legt man durch diese Theilpunkte Ebenen, welche ebenfalls von der Axe senkrecht zugeschnitten werden und die also der zuerst erwähnten Ebene parallel liegen, so erhält man durch diese auf der Kugel Parallelkreise, kleiner als der zum Grunde liegende grösste Kreis und überall gleich weit von ihm abstehend.

Da man durch jeden beliebigen Punkt eines grössten Krei-

ses einen Meridian, und ebenso durch jeden Punkt eines Meridians, einen Parallelkreis legen kann, so folgt, dass jeder Punkt auf einer Kugel sowohl seinen Meridian als seinen Parallelkreis hat, und dass er durch beide seiner Lage nach bestimmt wird. — Jeder grösste Kreis bildet mit seinen Polen, Meridianen und Parallelen ein besondres System, welches die Grundlage eines Gradnetzes ist, das man auf den Karten und künstlichen Globen ziehen und auf der Erde so wie an der Himmelskugel gedenken kann.

§. 3.

Dasjenige System, welches die allgemeinste Anwendung sowohl bei Erd- als Himmelsbestimmungen findet, ist das des Aequators. Man verlängert nämlich diejenige Axe, um welche sich unsre Erde (oder, wenn man dies nicht im Voraus gelten lassen will, das gesammte Himmelsgewölbe) innerhalb 24 Stunden herumdreht, über die Erdpole hinaus nach beiden Seiten unbestimmt weit, so erhält man die Himmelspole (Weltpole) desjenigen grössten Kreises, der auf der Erde wie am Himmel mit dem Namen Aequator bezeichnet wird. Seine Meridiane und Parallelen entsprechen also gleichfalls den Meridianen und Parallelen des Erdkörpers.

Ein zweites System dieser Art von gleichfalls sehr häufiger Anwendung ist das der Ekliptik. So nennt man nämlich die Ebene, in welche die Erde (oder wenn man dies nicht annehmen wollte, die Sonne) ihren jährlichen Kreislauf beschreibt. Sie fällt nicht mit der Ebene des Aequators zusammen, sondern schneidet diese unter einen schiefen Winkel in einer Linie, welche als Normallinie und Anfangspunkt für alle Zählungen der Grade am Himmel gilt. Sie hat gleichfalls ihre Pole, Meridiane und Parallelkreise und ein Punkt des Himmels kann durch dieses System eben so gut wie durch das des Aequators bestimmt werden.

Endlich ist noch ein System zu beachten, welches sich direkt auf die Erscheinung eines Himmelskörpers am gegebenen Erdorte bezieht. Derjenige Kreis, welcher in einer vollkommen freien Ebene Erde und Himmel trennt, der Horizont, hat seine Pole im Scheitelpunkt und dem diesen entgegengesetzten (unsichtbaren) Fusspunkte; Kreise vom Scheitelpunkt zum Horizont vertreten hier die Stelle der Meridiane, und seine Parallelen ziehen rings herum in gleicher Höhe fort. Der Ort eines Himmelskörpers kann zwar auch nach diesem Systeme angegeben werden, er gilt aber alsdann nicht allgemein, son-

dern nur für einen bestimmten Zeitmoment und einen bestimmten Erdort.

§. 4.

In der Astronomie sind für diese 3 Systeme folgende Benennungen gebräuchlich: (Fig. 3).

	I.	II.	III.
AB	Aequator	Ekliptik	Horizont.
P	Nordpol	Nordpol der Ekliptik	Zenith (Scheitelpunkt).
p	Südpol	Südpol der Ekliptik	Nadir (Fusspunkt).
ab, áb′	Parallelen	Parallelen der Ekliptik	Alumcantharat (Höhenkreise).
Pqp	Meridiane	Breitenkreise	Verticalen (Scheitelkreise).

Die auf AB oder ab . . . gezählten Grade führen die Namen
Rectascension (Grade Aufsteigung), Länge, Azimuth,
und die von q aus auf den Kreisen Pqp beiden Seiten zu gezählten
Declination (Abweichung), Breite, Höhe,
wofür man, wenn die Zählung von P ab durch q nach p zu geschieht, die Benennungen
Poldistanz — Zenithdistanz
eingeführt hat. — In den Systemen I und II zählt man vom Durchschnittspunkte beider (dem Punkte, wo die Sonne in der Frühlingsnachtgleiche steht) und zwar von Westen nach Osten rings herum (0° bis 360°), auf dem Aequator die Rectascensionen, auf der Ekliptik die Längen. — Im Systeme III zählt man das Azimuth vom Südpunkte des Horizonts an nach beiden Seiten (0 bis 180°).

§. 5.

Meridian im engern Sinne ist derjenige Vertikalkreis, *der durch* den Pol des Aequators geht, und der also sowohl dem System des Aequators, als dem des Horizonts angehört. Den Horizont schneidet er in den Punkten Nord und Süd. Der Winkel, den ein durch einen Stern und den Pol gezogener grösster Kreis mit diesem Meridian macht, heisst der Stundenwinkel, da er der Zeit proportional ist und eben sowohl durch diesen selbst, als durch die Grade des Kreises, ausgedrückt werden kann.

Alle Gestirne gehen an der Ostseite des Meridians auf und an der Westseite unter; der Weg, den sie vom Aufgang

bis zum Untergange zurücklegen, heisst ihr Tagbogen. Bleibt während dieser Zeit ihre Declination unverändert, so liegen die Punkte des Auf- und Untergangs weit vom Meridian östlich und westlich und der Tagbogen wird durch diesen genau halbirt; es steht ferner das Gestirn am höchsten bei seinem Durchgange durch diejenige Hälfte des Meridians, in welcher der sichtbare Himmelspol nicht liegt (obere Culmination) und am niedrigsten bei seinem Durchgange durch die andre Hälfte (untere Culmination).

Bei einigen Gestirnen fallen beide Culminationen über dem Horizont eines gegebenen Ortes, solche Sterne sind dann daselbst stets sichtbar. Fallen dagegen beide Culminationen unter seinen Horizont, so sind sie ihm stets unsichtbar.

Da 2 grösste Kreise einander stets halbiren, so muss auch stets die Hälfte des Aequators unter, die Hälfte über dem Horizont liegen, und diese Hälfte des Horizonts wird durch den Meridian wieder in zwei gleiche Hälften getheilt. Die Punkte, wo Aequator und Horizont sich schneiden, liegen also genau in Ost und West; bei andern Gestirnen sind beide Punkte entweder weiter südlich oder weiter nördlich, und zwar wegen der Geometrie zu beiden Seiten des Meridians an beiden Punkten gleich weit. Diesen Abstand der Auf- und Untergangspunkte vom Ost- und Westpunkte des Horizonts nennt man die Morgen- und Abendweite.

§. 6.

Es sei Hh der Horizont eines gegebenen Erdortes, also Z sein Zenith, und der Pol des Himmels liege in P, so dass AQ sein Aequator ist. Da ZH eben so wie PA gleich 90°, so ist auch ZH=PA, und folglich ZP=HA, d. h. die Höhe des Aequators im Meridian (und auf der andern Seite in Q die Tiefe desselben) ist dem Abstande des Pols vom Zenith gleich. Die Höhe des Pols Ph ist gleich Zh — ZP = 90° weniger dem Abstande des Pols vom Zenith, und diese Polhöhe ist gleich der geographischen Breite eines gegebenen Erdorts. Alle Sterne, welche vom Aequator nach P zu liegen und so weit oder weiter von ihm entfernt sind, als der Bogen ZP beträgt, gehen niemals unter, sondern beschreiben volle Tageskreise wie Ss. Liegen sie eben so weit nach dem unsichtbaren Pole p zu, so gehen sie nie auf und bleiben stets unsichtbar. Ist der Abstand vom Aequator hingegen kleiner als ZP, so gehen sie auf und unter.

Für Berlin, dessen nördliche Breite (oder Polhöhe) 52½°

beträgt, ist dennoch $ZP = 90^{0} - 52\frac{1}{2} = 37\frac{1}{2}^{0}$. Ueberschreitet also die nördliche Declination eines Gestirns $37\frac{1}{2}^{0}$, so geht es für Berlin nie unter, überschreitet es die südlichen $37\frac{1}{2}^{0}$, so geht es nie auf. Alle für Berlin auf- und untergehende Gestirne liegen also innerhalb einer Zone, deren gesammte Breite 75^{0} beträgt und die vom Aequator in zwei gleich grosse getheilt wird. Die Sonne und der Mond, so wie (Pallas zuweilen ausgenommen) alle Planeten, bleiben (für Berlin) stets in dieser Zone, gehen also bei uns auf und unter.

Gestirne, deren Abstand vom Aequator nach dem sichtbaren Pole zu der Breite eines Orts (dem Bogen Ph oder AZ) gleich ist, gehen bei ihrer obern Culmination durch das Zenith dieses Ortes, ist ihre Declination noch grösser, so erfolgen beide Culminationen in dem Theile des Meridians, der den sichtbaren Pol enthält, also die obere zwischen Zenith und Pol, die untere zwischen Pol und Horizont. Befindet man sich an einem der Erdpole selbst, so findet natürlich gar kein Auf- und Untergang mehr statt, sondern der Aequator fällt mit dem Horizont zusammen, und theilt den Sternenhimmel in zwei gleiche Hälften, von denen die eine stets, die andre nie sichtbar ist. Befindet man sich dagegen am Aequator, so liegen beide Pole im Horizont, und der ganze Sternenhimmel geht auf und unter, auch sind dort alle Tagbögen dem halben Tageksreise gleich. Der Aequator des Himmels geht durch das Zenith eines solchen Ortes und theilt gleichfalls den jedesmal sichtbaren Theil des Himmels in zwei gleiche Hälften.

§. 7.

Da die Ekliptik den Aequator unter einem schiefen Winkel schneidet, und für jeden gegebenen Erdort die eine Hälfte derselben diesseits, die andre jenseits des Aequators fällt, so sind auch die Punkte, wo sie den Horizont schneidet, nicht nothwendig Ost und West, obgleich sie stets einander gerade gegenüberliegen. Vielmehr ist dies nach den Jahres- und Tageszeiten an jedem Erdorte verschieden. Aus demselben Grunde kann auch der sichtbare Theil der Ekliptik nicht immer vom Aequator halbirt werden. Eben dies ist der Fall mit allem andern grössten Kreisen, die man am Himmel gedenken kann, und nur allein bei'm Aequator findet dies nothwendig statt.

Aus diesem Grunde können die direkten Beobachtungen sich nur auf das System des Horizonts oder das des Aequators beziehen, und da beide im Meridian eines gegebenen Or-

tes zusammenfallen, so ist es am einfachsten und natürlichsten, alle Beobachtungen im Meridian anzustellen, so weit dies thunlich ist. Das Meridianinstrument (Passageninstrument) ist daher das wesentlichste Stück einer jeden Sternwarte, wenn sie von andern unabhängig sein und ihren Bestimmungen einen selbstständigen Werth geben will. Man beobachtet, zu welcher Zeit ein Gestirn culminirt und in welchem Abstande vom Zenith dies geschieht. Hat man nun durch andre Beobachtungen die Zeit selbst, so wie die geographische Breite des Beobachtungsortes bestimmt, so erhält man aus der Durchgangszeit die Rectascension, und aus dem Zenithabstande bei derselben die Declination eines Gestirns. Zur grösseren Bequemlichkeit giebt man der Uhr einen solchen Gang, dass sie jederzeit unmittelbar die Rectascension eines culminirenden Gestirns anzeigt, und die Declination erhält man, indem man den Zenithabstand von der geographischen Breite subtrahirt.

Hierbei ist zu bemerken, dass man nördliche Breiten und nördliche Deklinationen als positiv betrachtet und durch + bezeichnet, südliche dagegen durch —. Bei Rectascensionen findet, da man sie rings um den ganzen Himmel herumzählt, eine solche Unterscheidung nicht Statt.

Bei der erwähnten Einrichtung der Uhr entspricht jede Stunde derselben 15 Graden des Aequators, jede Minute einen Viertelgrad u. s. w. dies wird in dem folgenden Abschnitte erörtert werden.

§. 8.

Wir erblicken am Himmel, ausser Sonne und Mond, eine grosse Anzahl Sterne von verschiedenem Glanze, Gestalt und Farbe, wiewol das blosse Auge hauptsächlich nur die Unterschiede des Glanzes wahrnehmen kann. Bei weitem die meisten dieser Sterne behalten gegen einander (bis auf höchst geringe, erst in Jahrhunderten merkliche Ortsveränderungen) dieselbe Lage und heissen deshalb Fixsterne; auch haben sie (wenige ausgenommen) zu allen Zeiten denselben Glanz. Einige andre dagegen verändern ihren Ort viel rascher, so dass man dies meistens schon von einem Abend zum andern wahrnehmen kann; zugleich ist ihr Glanz zu verschiedenen Zeiten sehr ungleich, man nennt sie Planeten. Auch die von Zeit zu Zeit erscheinenden, gewöhnlich mit einer Nebelhülle und einem Schweife versehenen Kometen verändern, wie die Planeten, ihre Stellung gegen andre Sterne sehr rasch und bleiben meist nur kurze Zeit

sichtbar*). Planeten wie Kometen können daher eben so wenig wie Sonne und Mond, in eine für alle Zeiten gültige graphische Darstellung aufgenommen worden, und nur die Fixsterne bilden demnach den Gegenstand der Himmelsgloben und Himmelskarten.

§. 9.

Himmelsgloben stellen die Gestirne an der äussern Fläche einer Kugel dar, mithin so wie sie ein jenseit der scheinbaren Himmelskugel befindlicher Beobachter wahrnehmen würde, so dass sie gleichsam ein Spiegelbild des von uns gesehenen Firmaments geben**). Die Himmelskarten dagegen, sowohl allgemeine (Planispähren) als auch specielle bilden die Sterne gewöhnlich in natürlicher Lage ab.

Zur Grundlage des Gradnetzes der Himmelskarten und Himmelskugeln wird gewöhnlich das System des Aequators, seltner das der Ekliptik gewählt, obwohl die Ekliptik selbst fast auf allen verzeichnet ist. Die Kugeln werden (ähnlich wie Erdkugeln) aufgestellt, dass sie um die Axe des Aequators *beweglich* sind und dass dieser Axe selbst verschiedne Lagen gegen den Horizont des Globus gegeben werden können.

Es muss hier vorläufig erwähnt werden, dass man das grosse Heer der Fixsterne nach Sternbildern gruppirt, und dass man nach ihrem grössern oder geringeren Glanze verschiedne Grössenklassen derselben annimmt. — Die Sternbilder haben ihren Ursprung schon im frühesten Alterthume, und man hat sie nicht allein stets beibehalten, sondern auch noch mit neuen vermehrt, so dass jetzt der gesammte Fixsternhimmel in Sternbilder vertheilt ist. Die Bilder selbst sind meist Heroen des Alterthums, Thiere (auch monströse), Attribute der Götter

*) Von noch andern Arten der Himmelskörper, so wie von den wesentlichen Unterschieden derselben, wird weiterhin die Rede sein. Hier sprechen wir nur im Allgemeinen von der Erscheinung.

**) Doch hat man auch einige Himmelsgloben in sehr grossem Maasstabe so ausgeführt, dass die Gestirne transparent an der innern Fläche einer Hohlkugel erscheinen, in deren Mitte Raum für einen oder auch mehrere Beschauer ist, und auf diesen erscheinen die Gestirne nicht als Spiegelbild, sondern in ihrer natürlichen Lage. Schon *Beyer* in Hamburg verfertigte 1718 zwei hohle Halbkugeln dieser Art; und Petersburg besitzt einen solchen Globus von 11 Fuss Durchmesser. — Auch Sternkegel hat man zu diesem Zwecke verfertigt. Die Gestirne befinden sich an der innern Seite des Mantels zweier sehr flacher Kegel.

und Helden, und (besonders die später eingeführten Sternbilder) neue Erfindungen. Die Sterngruppen selbst haben mit den Gegenständen, die das Bild darstellt, gewöhnlich nicht die entfernteste Aehnlichkeit. — Insbesondere hat man die Ekliptik und ihre nächste Umgebung (diejenige Zone, innerhalb deren der Mond und die Planeten erscheinen können) der Länge nach in 12 Sternbildern vertheilt, die unter dem Namen des Thierkreises bekannt sind und deren jedes noch ein eignes Zeichen hat (wiewohl jetzt zwischen Bild und Zeichen zu unterscheiden ist, wovon nachher). Diese 12 Sternbilder sind:

♈ Widder.	♋ Krebs.	♎ Wage.	♑ Steinbock.
♉ Stier.	♌ Löwe.	♏ Scorpion.	♒ Wassermann.
♊ Zwillinge.	♍ Jungfrau.	♐ Schütze.	♓ Fische.

Die sechs ersten sind nördliche, die sechs letzten südliche Zeichen in Bezug auf den Aequator. Ausserdem zählten die Alten noch 21 Sternbilder nördlich und 15 südlich vom Thierkreise, überhaupt also 48, die Neueren haben diese Zahl nach und nach mehr als verdoppelt. Die bessern neuern Karten zeichnen die Bilder selbst gar nicht mehr oder doch nur (wie die Litrowschen in seinem Himmelsatlas) in schwachen Umrissen: nur die Grenzen der Regionen, welche den verschiedenen Sternbildern angehören, werden noch angegeben. Auf den ältern Karten erschwerten die alles erfüllenden Bilder den Ueberblick der Sterne sehr. — Die Sterne selbst erhalten verschiedene Zeichen nach Maassgabe der Grösse (d. h. des Glanzes), eben so werden auch die Namen, Buchstaben und Zahlen, wodurch die Sterne in jedem Sternbilde unterschieden werden, verzeichnet.

§. 10.

Indess haben sowohl Globen als Karten die unvermeidliche Unbequemlichkeit, dass ihr Gebrauch Nachts im Freien eine künstliche Beleuchtung erfordert, und dies erschwert ihre unmittelbare Vergleichung mit dem Himmel. Ueberdiess enthalten Karten nie das Ganze und Globen stellen es verkehrt dar; beides ist für sicheres Auffinden nachtheilig. Das beste Mittel, den Fixsternhimmel kennen zu lernen, bleibt daher immer die unmittelbare Anleitung eines Sternkundigen, wozu sich heitre Frühlings- oder Herbstabende in unsern Klimaten am besten eignen. Man beginne diese Studien mit denjenigen Sternbildern, die bei uns nicht untergehen, und knüpfe an diesen die Sterne des Thierkreises. Zu letzteren bedarf es verschiedener durch verschiedene Jahreszeiten vertheilter Abende. Alsdann wird es leicht sein, die übrigen nördlichen, so wie die bei uns noch

sichtbaren südlichen Gestirne kennen zu lernen. Uebrigens begnüge man sich für den Anfang mit Sternen der 3 (höchstens 4) ersten Grössen, die sich auch in der Dämmerung oder bei nicht ganz heiterem Himmel schon unterscheiden lassen.

Für Bewohner mittlerer nördlicher Breiten, also z. B. für sämmtliche Europäer, wäre etwa folgender Gang einzuschlagen.

Man merke sich vor allem den Polarstern, dessen Glanz, isolirte Lage und Unverrückbarkeit (wenigstens für den freien Anblick)*) ihn zum Normalstern qualificirt. Eine durch die beiden Hinterräder des sogenannten Wagens (grossen Bären) gezogene und um das Sechsfache verlängerte Linie trifft auf den Polarstern, der zugleich der letzte im Bilde des kleinen Bären ist. Bezogen auf den Polarstern erblickt man dem grossen Bären gegenüber die mit 5 Sternen in Form eines flachen W glänzende Cassiopeja, und seitwärts, mehr rechtwinklicht, auf die Linie vom grossen Bären zur Cassiopeja die *beiden* glänzendsten Sterne des nördlichen Himmels, Wega (*Hauptstern* der Leyer) und Capella (Hauptstern des Fuhrmanns). Diese 4 für Berlin nicht untergehenden, den Polarstern in einer weiten Ellipse umgebenden Sternbilder wird man in jeder Nacht mit Leichtigkeit wieder erkennen, und durch sie einige zwischenliegende von geringerm Glanze, wie den Drachen, Cepheus u. a. — Eine Linie vom Polarstern über Cassiopeja führt beiläufig auf den Punkt der Frühlingsnachtgleiche, der vor 2000 Jahren im Sternbilde des Widders stand. Um ihn jetzt zu treffen, muss man etwa auf halbem Wege zwischen Cassiopeja und Capella eine Linie vom Polarstern aus hindurch und noch ein Mal so weit fortziehen. Ueber den Fuhrmann hinaus liegt der Stier, wo man die Hyaden und Plejaden als leicht unterscheidbare Sterngruppen vorfindet, und diesem zunächst gegen O. die Zwillinge. Vom Polaris aus über den grossen Bären hin trifft man auf den Löwen, gleichfalls leicht erkennbar, während der wenig augenfällige Krebs am besten durch Zwillinge und Löwe, zwischen denen er liegt, aufgefunden wird. Weiter links vom Löwen werden die Räume zwischen Thierkreis und Polarstern grösser. Hier sind die grossen Sternbilder Bootes, Hercules, Krone

*) Er steht jetzt nur etwa $1\frac{1}{2}°$ vom Pole und wird sich in den nächsten 300 Jahren ihm immer mehr (bis zu $1\frac{1}{3}°$ nähern). In den Zeiten vor *Alexander M.* hatte der jetzige Polarstern noch keinen Anspruch auf diesen Namen.

und Ophiuchus nebst mehrern kleinern, jenseit deren nach Süden zu sich die Jungfrau und die Waage zeigen; noch weiter östlich gewähren die beiden glänzenden Hauptsterne des Schwans und Adlers (ersterer für Berlin nicht untergehend) gute Haltpunkte, um die zwischenliegenden kleinern, so wie die weiter südlich liegenden des Thierkreises: Skorpion, Schütze und Steinbock aufzufinden. Noch weiter östlich tritt uns Andromeda als grösseres Sternbild entgegen, über welche hinaus im Thierkreise Wassermann und Fische erscheinen. — Südlich vom Thierkreise merke man sich vor allem das schöne gleichseitige Dreieck, welches die 3 glänzenden Hauptsterne des Orion, des kleinen und grossen Hundes mit einander bilden; Sirius, die untere Spitze des Dreiecks, ist der hellste des ganzen Fixsternhimmels. An diese lassen sich dann leicht zu beiden Seiten die Sternbilder anknüpfen, welche jenseit des Thierkreises bei uns noch sichtbar sind und unter denen sich der Wallfisch und die Wasserschlange am meisten hervorheben. — Damit ist die Grundlage zu einer weitern und genauern Kentniss gegeben.

Eine solche Kenntniss hat, auch ganz abgesehen vom eigentlich astronomischen Studium, ihren mannigfaltigsten Nutzen für Allen und Jeden. Selbst den rohesten Völkern Südamerika's und Australiens dienen die Gestirne, namentlich aber das (in Europa nicht sichtbare) südliche Kreuz, als allgemeine Uhr für die Nachtstunden, wie die Sonne für die Tagesstunden. Nicht den Schiffer allein, auch den Landreisenden können die Gestirne sicher leiten, selbst bei nur theilweise heiterm Himmel, sobald er nur in jeder Gegend desselben ein Hauptsternbild sich gemerkt hat. Jede am nächtlichen Himmel gemachte Wahrnehmung, welcher Art sie auch immer sei, kann durch die Aufzeichnung der Zeit, des Sterns oder des Sternbildes, wo man etwas wahrgenommen hat, so genau bestimmt werden, als die Natur des Gegenstandes es zulässt, während solche Beobachtungen, der anderweitig genauen Beschreibung ungeachtet, meist für die Wissenschaft verloren sind, wenn sie jener Bestimmung ermangeln. Unter den Völkern des Alterthums war die Kenntniss des Fixsternhimmels im Allgemeinen weiter verbreitet als bei uns, die wir uns nur zu sehr auf Uhr, Kalender u. dgl. verlassen und in allen Dingen ein Surrogat der Natur in Bereitschaft haben, wodurch wir uns zwar scheinbar bequemer einrichten, uns dagegen aber die Werke Gottes, und

folglich die Gottheit selbst, mehr und mehr entfremden und *sie* bei Seite setzen.

Zweiter Abschnitt.

Die Erde, als Weltkörper betrachtet.

§. 11.

Die Erde, der Standort unsrer Beobachtungen und zugleich der *einzige* Weltkörper, den wir in der Nähe und unmittelbar *erforschen* können, gehört zur Klasse der Planeten oder derjenigen Gestirne, welche an sich selbst dunkel und kalt, von der Sonne erleuchtet und erwärmt werden. Diese Beziehung zur Sonne ist es also hauptsächlich, welche wir bei der Erde zu betrachten haben, ausserdem aber wird ihre Gestalt, Grösse, Dichtigkeit u. dgl. hierher gehören, wiewohl die Mittel, durch welche alle diese Bestimmungen erhalten worden sind, zum Theil erst im Folgenden klar werden können.

Eine sicher begründete Kenntniss unsers Erdkörpers in den eben angegebenen Beziehungen verdanken wir erst der neuern Zeit. Die Vorstellungen der Alten über die Gestalt u. s. w. der Erde hier aufzuführen, würde zwecklos sein: dieser Gegenstand hat in Ukert u. a. ausführliche und gründliche Bearbeiter gefunden und gehört in eine specielle Geschichte der Erdbeschreibung. Fast allgemein dachte man sich die Erde als *flache vom Oceanes umfluthete Scheibe*, und erst in der Alexandrinischen Schule finden wir richtigere Vorstellungen, die man aber in der Folge wieder verliess. Wir finden im 6. und 7. Jahrhundert der christlichen Zeitrechnung aufs Neue die Behauptung, dass die Erde flach sei, und es ist bekannt, mit welchen Einwürfen *Colombo* kämpfen musste, als er von einem westlichen Wege nach Indien sprach.

§. 12.

Die Mondfinsternisse lieferten den ersten und augenscheinlichsten Beweiss, dass die Erde eine Kugel sei oder dieser

doch nahe kommen, da nur der Schatten einer Kugel nach jeder Richtung hin einen kreisförmigen Durchschnitt hat, nicht aber der eines Cylinders, Kegels u. dgl. — Dass nach allen Richtungen hin auf der Erdoberfläche Krümmung statt finde, war an dem Verschwinden sich entfernender Gegenstände wahrzunehmen. Diese und ähnliche Thatsachen, deren Verzeichniss noch sehr vermehrt werden könnte, thun indess nur dar, dass die Gestalt der Erde im Allgemeinen die einer Kugel sei; sie schliessen aber die Möglichkeit nicht aus, dass Abweichung, sowohl lokale als generelle, von dieser Kugelgestalt statt finden, und die Entscheidung dieser Frage konnte daher nur auf theoretischem Wege oder durch wirkliche Messungen erlangt werden.

Auch die Grösse der Erde war den Alten unbekannt, und während Einige meinten, dass sie im Unendlichen wurzle, gaben ihr Andre nur die Gestalt einer kurzen Säule, deren Höhe gegen den Durchmesser der Grundfläche sehr gering sei. Die ersten Versuche, ihre Grösse zu bestimmen, finden wir gleichfalls bei den Alexandrinern. Sie verglichen die gleichzeitige Länge des Schattens in zweien unter einerlei Meridian angenommenen Orten, deren Abstand als bekannt gesetzt ward. Dadurch erfuhren sie, wieviel Grade des Bogens zwischen beiden Orten enthalten seien, und (die Kugelgestalt vorausgesetzt) den gesammten Umfang des Meridians, d. h. der Erde. Es sei Fig. 5, F G ein Theil des Erdumfangs und O der Erdmittelpunkt, und es mögen die Punkte F, A, C, E, G demselben Meridian angehören. Die Sonne bescheine die Erde von der Richtung S her und ihre Strahlen S, S′ ... mögen der grossen Entfernung der Sonne wegen als parallele betrachtet werden. Man errichte in einem von der Sonne senkrecht beschienenen Punkte A einen Stab A B normal auf den Horizont, so kann dieser keinen Schatten werfen. In C errichte man gleichfalls den Stab C D normal, so wird S D verlängert in E treffen und C E ist demnach die Schattenprojection des Stabes. Das Verhältniss von C E und C D giebt den Winkel C D E (es ist nämlich Tang. $CDE = \frac{CE}{DC}$) und da dieser Winkel, wenn die Strahlen parallel fallen, dem Winkel A O C gleich ist, dieser aber durch den Bogen A C gemessen wird, so erhält man zugleich unmittelbar die Anzahl der Grade des Bogens A C. Es sei also CE = 8 Fuss, DC ebenfalls = 8 Fuss, so findet sich Tang. CDE = 1 und $CDE = 45°$, folglich auch $AC = 45°$, oder der achte Theil

des Kreisumfangs. Kennt man nun durch direkte Messungen die Länge des Bogens A B, in Meilen oder einem andern bekannten Maasse, so hat man auch den Umfang der Erdkugel. Man sieht indess leicht, dass die Länge eines Schattens nicht mit der Genauigkeit gemessen werden kann, welche bei einer solchen Bestimmung wünschenswerth sein muss.

§. 12.

Genauer verfährt man, wenn man durch geeignete Instrumente den Abstand eines Sternes vom Zenith an zweien unter gleichem Meridian gelegenen Orten misst. Setzen wir wieder den Fall, dass er im Orte A im Zenith selbst, und gleichzeitig in C um den Winkel S″ C D vom Zenith entfernt stehe, so wird dieser Winkel eben so wie C D E das Maass des Bogens A C, aber die Sicherheit der Bestimmung ist bei weitem grösser.

Es kommt also alles darauf an, die G r a d e eines Meridian-Bogens durch Beobachtungen am Himmel, und das liniäre M a a s s desselben durch Messungen auf der Erde zu bestim*men*, um den gesammten Umfang abzuleiten. Will man die Erde als eine wahre mathematische Kugel betrachten, so genügt die Messung Eines Meridianbogens, sofern sie nur astronomisch wie terrestrisch hinreichend genau ist. Will man dagegen diese Voraussetzung nicht machen, sondern Grösse und Gestalt gleichzeitig aus Beobachtungen entlehnen, so muss man mehrere Bögen in möglichst verschiedenen Breiten messen. Nimmt man an, dass von den drei auf einander senkrechten Axen des Erdkörpers nur die eine (die Umdrehungsaxe) ungleich, die beiden andern aber unter sich gleich seien, giebt man also der Erde entweder eine s p h ä r o i d i s c h e Gestalt (mit verkürster Polaraxe) oder eine e l l i p t o i d i s c h e (mit verlängerter Polaraxe), so sind z w e i Meridianbögen erforderlich; überhaupt je vielfacher die zu untersuchenden Abweichungen gedacht wer*den*, desto mehr Bögen wird man messen müssen.

Die früheren Versuche, Graddbögen zu messen, sind uns theils zu *unvollkommen* bekannt, theils nach Maassgabe der angewandten Mittel zu ungenau in ihrem Resultat, als dass sie hier Erwähnung verdienten. Die erste nach einem bessern Princip veranstaltete Messung ist die vom Picard, der sie zwischen Paris und Amiens im J. 1669 ausführte. Bald folgten hierauf die Messungen *Dominique Cassini's* 1683 und 1700, der sie von Paris bis zu den Pyrenäen fortführte. Das Resultat war, das der Grad des Meridians im Süden von Frankreich nur 71 Klafter (etwa um $^1/_{800}$ des Ganzen) g r ö s s e r

sei als im nördlichen, und hieraus folgerte man, dass die Grade nach Norden zu kleiner, die Krümmung der Erdkugel also stärker werde, was auf eine elliptoidische Figur der Erde deuten würde. Denn es sei Fig. 6 A B P Q ein elliptischer Quadrant, in A das Ende der kleinen, in P das der grossen Axe, so sieht man leicht, dass um gleichviel Krümmung zu bemerken, man von A aus nach B weiter zu gehen habe, als von P nach Q, da nun Picards und Cassinis Messungen dies Resultat ergeben hatten, so musste, ihre Richtigkeit vorausgesetzt, eine solche Figur der Erde angenommen werden.

§. 13.

Inzwischen hatte Newton aus Gründen, die erst in den folgenden Kapiteln erörtert werden können, geschlossen, dass bei einer sich um ihre Axe bewegenden Erde das Gleichgewicht nur bestehen könne, wenn die Polaraxe nicht verlängert, sondern vielmehr verkürzt ist. Die Erde sei mithin kein Elliptoid, auch keine Kugel, sondern ein Sphäroid, und er bestimmte die Grösse dieser Abplattung, aus theoretischen Gründen, auf $^1/_{230}$, wobei er die Erde im Anfang als flüssig und in allen ihren concentrischen Schichten gleich dicht annahm. Aehnliches folgte auch aus der Beobachtung *Richer's* im J. 1672, der eine Pendeluhr von Paris nach Cayenne brachte und fand, dass sie dort ihren täglichen Gang um 2 Minuten verlangsamerte. Näher dem Erdmittelpunkte hätte sie ihn vielmehr beschleunigen müssen.

Die französischen und englischen Gelehrten stritten fast ein halbes Jahrhundert lang, jene auf ihre Messungen, diese auf *Newton's* Theorie sich berufend, bis man endlich zu der Ueberzeugung gelangte, dass die Differenz der Grade zwischen dem nördlichen und südlichen Frankreich jedenfalls zu klein sein müsse, um hierin sicher entscheiden zu können, und man machte Ludwig XV. den Vorschlag, zwei viel weiter entlegene Meridianbögen, nämlich am Aequator und in der Nähe des Poles, zu messen. In Folge dessen gingen im J. 1735 *Bouguer, Condamine* und *Güdin* nach Peru, um auf den Hochebenen zwischen Tarqui und Cotesqui einige Grade zu messen, womit sie der grossen Schwierigkeiten des Terrains und der Entlegenheit von allen wissenschaftlichen Hülfsmitteln wegen, erst im J. 1744 fertig wurden; und zu gleicher Zeit nahmen *Maupertuis* und *Outhier* ihren Weg nach Lappland, um nördlich von Torneo, in den Gegenden des Polarkreises, eine ähnliche

Arbeit zu unternehmen*), die schon 1737 beendet war. Das Resultat (nach den damaligen Berechnungen) war:

Grösse eines Meridiangrades in Peru . 56753 Toisen,
" " " in Lappland 57422 "

folglich der Grad am Pole grösser als am Aequator, wodurch das Resultat von Picard und Cassini widerlegt und *Newtons* Ansicht bestätigt ward. Die Grösse der Abplattung selbst fand sich $^1/_{178}$; doch ist besonders die lappländische Messung beträchtlich fehlerhaft, wie spätere Untersuchungen *Svanberg's* und *Rosenberg's* dargethan haben.

§. 14.

Seit jenen ersten gründlich ausgeführten Messungen hat man zu verschiedenen Zeiten und zum Theil in den entlegensten Erdgegenden ähnliche ausgeführt, die uns jetzt eine verhältnissmässig sehr genaue Bestimmung der Grösse verschiedner Meridiangrade verschafft haben, und zugleich haben *Schmidt*, *Walbeck* und *Bessel* die gewonnenen Data nach den strengsten theoretischen Anforderungen berechnet. Der letzten und umfassendsten Arbeit von *Bessel* liegen folgende Messungen zum Grunde:

die peruvianische,
die (spätere) lappländische,
die französische,
die englische,
die hannöverische,
die dänische,
die russische,
zwei ostindische,
die preussische (von *Bessel* selbst ausgeführt).

Mehrere andre (wie die am Cap, in Oestreich, in Nordamerika) ausgeführten sind ausgeschlossen, da sie den angeführten an Genauigkeit nachstehen. Das Resultat ist foldendes:

Radius des Aequators 3271953,854 Toisen.
des Poles 3261072,900 Toisen.

Verhältniss beider 300,7047 : 299,7047, also in runder Zahl die Abplattung $= {}^1/_{300}$.

*) Den bei dieser Messung gebrauchten Quadranten hat *Maupertuis*, als nachheriger Präsident der Berliner Akademie der Wissenschaften, diesem Institut geschenkt, und er befindet sich jetzt auf der Königl. Sternwarte daselbst.

Setzt man die mittlere Polhöhe eines Meridiangrades $= \varphi$ so ist seine Länge in Toisen
57011[illegible], [illegible]453 $- 284{,}851 \cos 2\varphi + 0{,}593 \cos 4\varphi - 0{,}001 \cos 6\varphi$
und die Grösse eines Grades des Parallelkreises unter derselben Breite

$$57153{,}885 \cos\varphi - 47{,}576 \cos 3\varphi + 0{,}059 \cos 5\varphi.$$

So ergiebt sich für Berlin, dessen Breite $= 52^0\ 30'\ 16'', 36$,

Länge eines Meridiangrades = 57084,707
Länge eines Grades des Parallel = 34833,438.

Da man gewohnt ist, den 15. Theil eines Grades des Aequators geographische Meile zu nennen, so erhält man für die Länge einer solchen Meile 3807,091 Toisen oder 22842,55 Pariser Fuss.

§. 15.

In der hier folgenden Tabelle sind die Längen- und Breitengrade des Erdkörpers von 5^0 zu 5^0 der Polhöhe, nach vorstehender Formel berechnet, aufgeführt. Durch Hülfe der angesetzten Differenzen kann man sie für jeden beliebigen Punkt der Erdoberfläche, dessen Polhöhe bekannt ist, erhalten. Zugleich sind zwei andre häufig zur Anwendung kommende Bestimmungen, der Radius Vector des Erdsphäroids und die sogenannte verbesserte Breite angegeben. Ersterer ist die grade Linie von dem betreffenden Parallel der Erdoberfläche zum Mittelpunkte, letztere der Winkel, welchen jene grade Linie mit der Ebene des Aequators macht. — Auf einer Kugel würden alle Breitengrade und alle Radienvectoren einander gleich, und eben so die verbesserte Breite nicht von der Polhöhe verschieden sein.

Breite.	Grösse des Meridiangrades.	Δ^1	Δ^2	Grösse eines Grades des Parallels.	Δ^1	Δ^2	Radius vector.	Δ	Verbesserte Breite.	Δ^1	Δ^2
0°	56727,'194		+ 8, 582	57106,'37		— 431, 76	1, 000000		0° 0′ 0″		0,″ 0
		+ 4, 291			— 215, 88			— 25		4 58 1, 1	
5	56731, 485		+ 8, 459	56890, 49		430, 20	0, 999975		4 58 1, 1		3, 5
		12, 750			646, 08			75		4 58 4, 6	
10	56744, 235		+ 8, 077	56244, 41		425, 56	0, 999900		9 56 5, 7		7, 1
		20, 827			1071, 64			121		4 58 11, 7	
15	56765, 062		+ 7, 458	55172. 77		417, 86	0, 999779		14 54 17, 4		10, 3
		28, 285			1489, 50			165		4 58 22, 0	
20	56793, 347		+ 6, 620	53683, 27		407, 12	0, 999614		19 52 39, 4		13, 3
		34, 905			1896, 62			204		4 58 35, 3	
25	56828, 252		+ 5, 575	51786, 65		393, 38	0, 999410		24 51 14 7		16, 0
		40, 480			2290, 00			236		4 58 51, 3	
30	56868, 732		+ 4, 363	49496, 65		376, 68	0, 999174		29 50 6, 0		17, 8
		44, 843			2666, 68			262		4 59 9, 1	
35	56913, 575		+ 3, 014	46829, 97		357, 14	0, 998912		34 49 15, 1		19, 4
		47, 857			3023, 82			279		4 59 28, 5	
40	56961, 432		+ 1, 571	43806, 15		334, 83	0, 998633		39 48 43, 6		20, 8
		49, 428			3358, 65			289		4 59 49, 3	
45	57010, 860		+ 0, 070	40447, 50		309, 86	0, 998344		44 48 32, 9		20, 7
		49, 498			3668, 51			290		5 0 10, 0	
50	57060, 358		— 1, 433	36778, 99		282, 4[illegible]	0, 998054		49 48 42, 9		20, 7
		48, 065			3950, 91			280		5 0 30, 7	
55	57108, 423		— 2, 908	32828, 08		252, 62	9, 997774		54 49 13, 6		19, 7
		45, 157			4203. 53			263		5 0 50, 4	
60	57153, 580		— 4, 289	28624, 55		220, 75	0, 997511		59 50 4, 0		18, 1

Breite.	Grösse des Meridiangrades.	Δ¹	Δ²	Grösse eines Grades des Parallels.	Δ¹	Δ²	Radius vector.	Δ	Verbesserte Breite.	Δ¹	Δ²
		+ 40, 868			—4424,28			— 239		5 1 8, 5	
65	57194, 448		— 5, 551	24200, 27		— 186, 95	0, 997272		64°51′12,″5		16,″ 2
		35, 317			4611,23			206		5 1 24, 7	
70	57229, 765		— 6, 644	19589, 04		151, 60	0, 997066		69 52 37, 2		13, 5
		28, 673			4762,83			167		5 1 38, 2	
75	57258, 438		— 7, 532	14826, 21		114, 88	0, 996899		74 54 15, 4		10, 6
		21, 141			4877,71			124		5 1 48, 8	
80	57279, 579		— 8, 185	9948, 50		77, 16	0, 996775		79 56 4, 2		7, 3
		12, 956			4954,87			75		5 1 56, 1	
85	57292, 535		— 8, 593	4993, 63		38, 76	0, 996700		84 58 0, 3		3, 7
		4, 363			4993,63			26		5 1 59, 8	
90	57296, 898		— 8, 726	0		0	0, 996674		90 0 0,		0, 0

§. 16.

Obgleich nun diese Werthe diejenigen sind, welche sich möglichst genau den Beobachtungen anschliessen, so zeigen sich dennoch Abweichungen, die obwohl an sich klein, doch grösser sind als die bei der jetzigen Schärfe der Beobachtungskunst noch zu befürchtenden Fehler. So gaben z. B. alle Amerikanische Beobachtungen eine kleinere Abplattung als die europäischen: und man muss daher annehmen, dass auch das Sphäroid noch nicht durchaus der Erdgestalt entspreche. Indess haben diese Abweichungen höchst wahrscheinlich einen bloss physischen Grund. Die verschiednen Vertheilungen Land und Wasser (fasst die Hälfte der Nordhalbkugel ist Land, dagegen nur $^1/_7$ der Südhalbkugel) und das sehr abweichende spezifische Gewicht beider macht eine vollständige Symmetrie des Erdkörpers fast unmöglich, und überdiess veranlassen die Berge schon Abweichungen sehr verschiedner Art.

Ueber die Masse und Dichtigkeit der Erde, die Pendellängen, Fallhöhen u. dgl. wird weiter unten die Rede sein, wenn wir das Gesetz der Schwere, was zum Verständniss dieser Verhältnisse nothwendig ist, kennen gelernt haben. Alsdann wird sich zugleich zeigen, dass die Grösse der Abplattung auf noch andre Art gefunden werden kann, und dass die Resultate dieser verschiedenen Methoden sehr nahe mit einander übereinstimmen — der beste praktische Beweis für die Richtigkeit der gemachten Voraussetzungen.

§. 17.

Die Verschiedenheit der Jahres- und Tageszeiten auf der Erde erklärt sich am leichtesten und einfachsten, wenn man die Erde sich selbst um ihre Axe drehen und zugleich einen Lauf um die Sonne beschreiben lässt. Stände die Axe der Erde senkrecht auf der Bahn derselben, oder mit andern Worten: läge der Aequator und die Ekliptik in einer Ebene, so könnte kein Unterschied der Jahreszeiten und keine Ungleichheit der Tage Statt finden. Die jedesmalige Erleuchtungsgrenze nemlich würde dann stets durch die Pole gehen und alle Parallelkreise genau halbiren, so dass bei einer gleichförmigen Axendrehung jede derselben Jahr aus Jahr ein nur Tage und Nächte von 12 Stunden hätte. Fig. 7. zeigt uns diese Lage, die aber in Bezug auf unsre Erde nicht Statt findet, nie Statt fand, noch jemals Statt finden wird. — Denkt man sich dagegen die Lage der Axe wie in Fig. 8., wo E e die Erleuchtungsgrenze, P p die Polaraxe und A B der

Aequator ist, so erhält man eine Vorstellung von der Art, wie sich die Verschiedenheit der Jahreszeiten bildet. Die Sonne bescheine die Erdkugel in (Fig. 8. I.) von S her, so liegt der Pol P und eine gewisse Zone um denselben herum diesseit der Erleuchtungsgrenze, der Pol p und eine gleich grosse Zone jenseit derselben, und in Fig. 8. II., wo die Sonne von S′ her scheint, die Lage der Axe aber dieselbe wie 8, I. ist, wird das Verhältniss von P und p sich umkehren. Ist P der Nord- und p der Südpol, so ist Fig. 8. I. die Lage der Erde zur Zeit des 22. Juni, wo auf der Nordhalbkugel der Sommer anfängt und die Tage am längsten sind. Alle zwischen P und AB liegende Parallelkreise werden durch Ee in zwei ungleiche Theile getheilt, in eine Grössere Tages- und eine kleinere Nachtzeit. Den durch E gehenden Parallelkreis und alle zwischen E und P liegende trifft die Theilung gar nicht mehr, sie haben um diese Zeit nur Tag, und der Punkt der Erdoberfläche m, welchen die Sonne senkrecht trifft, liegt nordwärts vom Aequator und eben so weit von ihm entfernt, als E von P. Das Gegentheil findet auf der südlichen Halbkugel Statt; hier werden die Parallelkreise in eine grössere Nacht- und eine kleinere Tageshälfte getheilt, und jenseit e nach p zu ist nur Nacht. — Der Aequator AB wird, als ein grösster Kreis, von der Erleuchtungsgrenze Ee auch bei dieser schrägen Lage nothwendig genau halbirt. Dagegen stellt (Fig. 8. II.) den Winter der Nordhalbkugel am 22. December dar. Der Punkt m′, den die Sonne senkrecht trifft, liegt südwärts vom Aequator und die beiden Halbkugeln haben die Rollen gewechselt. — Man sieht zugleich dass die Ungleichheit der Theilung desto merklicher wird, je weiter man vom Aequator nach einem der Pole zu fortschreitet.

Es ist ferner leicht einzusehen, dass in m und resp. m′ die Sonne im Zenith steht, und dass ihr Zenithabstand bei der Culmination für jeden Erdort der Entfernung desselben von m oder m′, im Bogen des Erdmeridians ausgedrückt, gleich sein müsse. Daher hat jede Halbkugel in ihrem Sommer beträchtlich kleinere Zenithabstände der Sonne, als in ihrem Winter.

§. 18.

Man setze nun (Fig 9.) in S die Sonne, und lasse die Erde um die Sonne einen Kreis beschreiben, dessen Durchmesser CC′ und dessen Ebene senkrecht auf die Ebene des Papiers gedacht werden muss, wobei aber die Axe Pp

ihre Lage beständig behält (stets sich selbst parallel bleibt), so wird man eine Vorstellung davon erhalten, wie die längeren Tage und der höhere Sonnenstand allmählich abnehmen und ohne Sprung in die Lage des Winters übergehen. Auf halbem Wege zwischen 9, I. und 9, II. wird die Erleuchtungsgrenze durch die Pole gehen und Tag und Nacht auf der ganzen Erde gleich machen, der senkrechte Sonnenstrahl trifft den Aequator und der Zenithabstand der Sonne ist für jeden Erdort der Polhöhe gleich. Das Nämliche findet Statt, wenn in der andern Hälfte der Bahn die Erde auf halbem Wege zwischen 9, II. und 9, I. steht. Es sind dies die Momente der Nachtgleichen, und zwar der Herbst- und Frühlingsnachtgleiche.

Anm. Das hier gesagte erhält durch ein einfaches Modell (Tellurium) wo die Erdkugel, auf eine schräge Axe gesteckt, einen Lauf um ein die Sonne vorstellendes künstliches Licht beschreibt, seine völlige Deutlichkeit. Es giebt sehr *viele Fälle*, wo man durch die bloss zeichnende Darstellung auf einer Fläche zur Versinnlichung nicht ausreicht. Man thut dann jedesmal wohl, sich eines wenn auch ganz einfachen und rohen Modells zu bedienen.

§. 19.

Der Bogen A m = P E ist das Maass für die Schiefe der Ekliptik, wofür man eben so gut Schiefe des Aequators setzen könnte, da man sowohl die eine als die andre der beiden Ebenen als Grundebene betrachten kann. Sie ist nicht ganz constant, sondern schwankt zwischen $21\frac{1}{2}^0$ und $24\frac{1}{2}^0$, aber dies in Perioden von mehrern Jahrtausenden. Gegenwärtig beträgt sie 23° 27′ 32″ und sie ist in Abnahme begriffen, so dass sie jährlich etwa um eine halbe Sekunde kleiner wird. Diese geringen Veränderungen können in Bezug auf Klimate keine merkliche Wirkung äussern. Wenn z. B. die Schiefe *nach* 8 — 10000 Jahren bis auf $21\frac{1}{2}^0$ sich vermindert haben wird, so *werden* die Sommertage in unsern Gegenden um 25 Minuten kürzer, die Wintertage um eben so viel länger werden als gegenwärtig. Die Wärme der Sommer wird durchschnittlich etwa um $\frac{1}{2}$ Grad geringer, die Kälte der Winter aber in demselben Maasse milder werden; für die Uebergangszeiten, so wie für das Jahr im Durchschnitt, würde sich keine Veränderung herausstellen. Wenn demnach die Erde, wie einige Thatsachen darzuthun scheinen, einst beträchtlich wärmer als jetzt war, so kann der Grund nicht in diesen Verhältnissen ge-

sucht werden. Ueberhaupt sind alle Hypothesen, die man über eine in früheren Zeiten vermeintlich verschiedene Stellung der Erdaxe gegen die Sonne, eine verschiedne Lage des Aequators in Bezug auf die Erdtheile u. dgl. so vielfach aufgestellt hat, vor einer gründlichen analytischen Untersuchung in ihr Nichts zerronnen. Hatte einst die Erde, wie es allerdings sehr wahrscheinlich ist, eine bedeutend höhere Temperatur als jetzt, so sind die Ursachen derselben gewiss in jenem grossartigen chemischen Prozesse zu suchen, durch den unser Wohnort seine jetzige Gestaltung erhalten hat; keinesweges aber in einer verschiednen Lage gegen die Sonne. Wir wissen, dass noch jetzt in grossen Tiefen eine bedeutend höhere Temperatur herrscht (mit jedem 100 Fuss Tiefe nimmt die Wärme durchschnittlich um 1 Grad zu, so weit unsre Erfahrungen reichen) und wir müssen hieraus schliessen, dass das eigentliche Innere der Erde fortwährend in einem Zustande grosser Erhitzung sei; und Niemand kann hierbei an eine Wirkung der Sonne denken, die schon in 60 Fuss Tiefe völlig Null ist. Nun aber war gewiss, man möge sich den frühesten Zustand der Erde vorstellen wie man wolle, das Innere und die Oberfläche einst in viel lebhafterer Wechselwirkung als jetzt, wo ausser vereinzelten Spuren vulkanischer Thätigkeit nichts mehr übrig geblieben ist, was uns die Wirkungen des Inneren bemerkbar machte. Hieraus, und allein hieraus, sind die Palmenwälder und das Megatherion Sibiriens nnd viele andre Erscheinungen zu erklären, die man vergebens in eine astronomische Beziehung zu bringen sich abgemüht hat.

§. 20.

Die Parallelkreise, welche den Punkten m und m′ fig. 8, wo beide am weitesten vom Aequator entfernt sind, auf der Erdkugel entsprechen, nennt man Wendekreise, und sie bezeichnen also die Grenzen derjenigen Zone, innerhalb deren die Sonne bei ihrer Culmination ins Zenith kommen kann. Nach den Zeichen des Thierkreises, in welche zu diesen Zeiten die Sonne rückt, nennt man den nördlichen den Wendekreis des Krebses, den südlichen den des Steinbocks. Die Punkte E und e dagegen, da wo sie am weitesten von P und p entfernt sind, bezeichnen diejenigen Parallelkreise, jenseit welcher eine kürzere oder längere Zeit des Jahres hindurch die Sonne gar nicht auf- oder untergeht; sie heissen die Polarkreise. Die beiden von ihnen eingeschlossenen Räume heissen die kalten Zonen, sie begreifen zusammen 0,082 der Erdober-

fläche. Zwischen den Polar- und Wendekreisen liegen die beiden gemässigten Zonen, die zusammen 0,520 begreifen, und innerhalb der beiden Wendekreise die heisse, welche 0,398 begreift.

Die Dauer der längsten Tage (und längsten Nächte unter den verschiednen Breiten (abgesehen von einer kleinen, wenig in Betracht kommenden Verschiedenheit der beiden Halbkugeln, was die Polargegenden betrifft,) kann man aus folgender Tabelle ersehen:

Unter	0°	0′	längster Tag	12	Stunden
„	16	44	„	13	„
„	30	48	„	14	„
„	41	24	„	15	„
„	49	2	„	16	„
„	54	31	„	17	„
„	58	27	„	18	„
„	61	19	„	19	„
„	63	23	„	20	„
„	64	50	„	21	„
„	65	48	„	22	„
„	66	21	„	23	„
„	66	32	„	24	„
„	67	23	„	1	Monat
„	69	51	„	2	„
„	73	40	„	3	„
„	78	11	„	4	„
„	84	5	„	5	„
„	90	„	„	6	„

Alles was sich auf diese Tageslängen, so wie auf die Culminationshöhe, die Morgen- und Abendweiten u. s. w. der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten bezieht, bleibt sich für einen gegebenen Parallel der Erde in allen Jahren gleich, und hingen die klimatischen Verhältnisse der Erde hiervon allein ab, so müssten auch diese sich in jedem Jahre und für alle unter demselben Parallel gelegenen Orte gleichen. Da aber das wirkliche Klima eines Orts stets ein aus den Wirkungen der Sonne und den physischen Lokalverhältnissen der Erde, so wie vielleicht noch andrer uns unbekannten Ursachen abgeleitetes ist, so können auch die einzelnen Jahrgänge in Bezug auf Witterung nicht gleich sein, und eben so wenig die Benennungen heisse, gemässigte, kalte Zone in physischer Beziehung den Naturverhältnissen der Erde überall ent-

sprechen. — In der That scheinen die kältesten, wie die heissesten Gegenden der Erde nahe an den Grenzen der **nördlich gemässigten** Zone, und vielleicht sogar beide innerhalb derselben, zu suchen zu sein: erstere in der Sahara, die letztern im tiefen Innern Sibiriens und in den noch wenig bekannten arktischen Gefilden Nordamerika's.

§. 21.

Auch die übrigen Himmelserscheinungen sind für die verschiedenen Zonen der Erde nicht dieselben. Der Mond z. B. kann, aber erst innerhalb 9 Jahren wieder, auch nach solchen Orten der Erde ins Zenith kommen, die bis 28° 45′ vom Aequator zu beiden Seiten entfernt sind, und für mehrere Planeten, namentlich Venus, Mars und die 4 Asterriaden, sind diese Grenzen sogar noch mehr zu erweitern. Allgemeine Regeln und Tabellen lassen sich jedoch darüber nicht aufstellen, da die eigne Bewegung dieser Körper deren Umläufe nicht genau mit vollen Erdjahren abschliessen, hierbei mit in Betracht gezogen werden müssen. Im Allgemeinen erscheinen alle diese Wandelsterne desto höher über dem Horizont, je mehr wir uns dem Erdäquator nähern, und eine Sternwarte, auf welcher möglichst ununterbrochene Beobachtungen der Körper unsers Sonnensystems angestellt werden sollen, wird deshalb nicht zu hoch nach Norden oder Süden gelegt werden dürfen.

Hierher muss noch der sogenannten **Parallaxe** der Himmelskörper gedacht werden. Wäre die Erde so klein, im Vergleich zur Entfernung der Weltkörper, dass ihr Durchmesser als etwas unmerklich Verschwindendes angesehen werden könnte, so könnten auch alle von einem solchen entfernten Punkte ausgehenden und die verschiedenen Theile der Erdoberfläche treffenden Strahlen als parallel untereinander gesetzt werden. Dies ist nun zwar in Bezug auf viele, ja die meisten Himmelskörper, z. B. die gesammte Fixsternwelt, allerdings der Fall; nicht aber wenn man Körper innerhalb unsers Sonnensystems und namentlich den Mond betrachtet. Sei (Fig. 10. b) der Erdmittelpunkt, m der Mond, so trifft die von m nach b gezogene Linie die Erdoberfläche in c, und man sieht von c aus den Mond nach derselben Richtung, nach welcher man ihn von b aus erblicken würde. Dagegen sei a ein andrer so gelegener Punkt, dass a b m = 90° ist, so wird man von a aus den Mond nach der Richtung a m sehen, während doch nicht a m, sondern a m′ mit b m parallel liegt. Der Winkel m′ a m = a m b drückt also die **Abweichung** der beiden

Richtungen aus, welche für zwei Beobachter stattfindet, deren einer den Mond im Horizont, der andre ihn im Zenith hat, und heisst die Mondparallaxe für den Erdort a, also die Horizontalparallaxe des Mondes. Ein dritter Punkt d macht mit b m einen spitzen Winkel, so wird b m d die Parallaxe für denselben sein: sie ist kleiner als die Horizontalparallaxe und kann aus dieser berechnet werden, wenn man den Winkel m b d kennt. Beim Monde kann die Horizontalparallaxe über 1^0 gehen, bei allen andern Weltkörpern beschränkt sie sich auf Sekunden. In letzterm Falle kann man ohne praktischen Fehler die Parallaxe für einen gegebenen Erdort (p) aus der Horizontalparallaxe des betreffenden Gestirns (P) und der Höhe desselben über diesem Erdorte (h) herleiten durch die einfache Formel

$$p = P \cos. h$$

eine Formel die auch für den Mond ausreichen würde, wenn man Fehler unter einer Minute nicht achten wollte. Indess müsste man hierzu die Höhe h kennen, welche durch die Beobachtungen gewöhnlich nicht direkt gegeben ist, weshalb der Astronom bei seinen praktischen Berechnungen sich gewöhnlich andrer mehr zusammengesetzter Formeln bedient, in denen aber ausser der Horizontalparallaxe noch die Rectascension und Deklination des Gestirns, so wie die Polhöhe des Orts und der Stundenwinkel vorkommen, welche Bestimmungen in gewöhnlichen Fällen stets gegeben sind.

Die Parallaxe bewirkt, dass sämmtliche Himmelskörper, für welche sie noch merklich ist, niedriger zu stehen scheinen, als sie ohne dieselbe stehen würden; und zwei Himmelskörper, die vom Mittelpunkt der Erde aus gesehen, nach gleicher Richtung am Firmament erscheinen, werden von einem andern Punkte aus betrachtet, um die Differenz ihrer Parallaxen von einander abstehen, und zwar der nähere Körper tiefer. Die Parallaxe verspätet also den Aufgang und beschleunigt den Untergang eines Gestirns (doch nur beim Monde ist dies noch merklich) und man wird vom Monde aus nicht die volle Halbkugel der Erde gleichzeitig sehen, sondern die sichtbare Halbkugel wird um eine Zone, deren Breite der Parallaxe gleich ist und die rings herum läuft, vermindert sein.

Die Parallaxe eines Gestirns ist zugleich der Winkel, unter welchem von diesem Gestirn aus der Erdhalbmesser gesehen wird, wie aus der Figur erhellt. Sie ist der dritte Winkel eines ebenen Dreiecks, und wird mithin gefunden, wenn

☞ Der Herr Buchbinder wolle gefälligst diesen Carton gehörigen Orts einkleben, und das andere Blatt dagegen ausschneiden.

man die beiden andern Winkel desselben durch Beobachtungen ermittelt hat. Alsdann aber lässt sich aus der Parallaxe die Entfernung des Himmelskörpers finden, denn diese ist desto grösser, je kleiner die Parallaxe ist; und wenn es unsern Bemühungen nicht gelingt eine Parallaxe mit hinreichender Sicherheit zu finden, so muss daraus geschlossen werden, dass die Entfernung zu gross sei um den Erdhalbmesser noch als merkliche Grösse darzustellen.

Näheres über die allgemeinen Verhältnisse des Erdkörpers, z. B. über Ebbe und Fluth, wird weiterhin vorkommen. Hier galt es, ihre mathematisch-astronomischen Verhältnisse vorläufig zur allgemeinen Anschauung zu bringen.

Dritter Abschnitt.

Die Atmosphäre der Erde und ihre Wirkungen in Bezug auf astronomische Erscheinungen.

§. 22.

Die gesammte Erdoberfläche ist von einer gasförmigen, durchsichtigen Flüssigkeit umgeben, die wir Luft nennen und die sowohl aus zwei Grundbestandtheilen zusammengesetzt, als auch mit einer Menge andrer Stoffe vermischt, und mehr oder weniger innig verbunden ist. Die ganze unsre Erde umhüllende Luftkugel nennen wir Atmosphäre (Dunstkreis) und sie ist die Hauptwerkstätte aller derjenigen Veränderungen, welche wir in der meteorologischen Physik betrachten.

Ihre Grundbestandtheile sind Oxygen (Sauerstoff, Lebensluft) zu 0,21 und Nitrogen (Stickstoff) zu 0,79 Theilen; für sich allein ist nur der erstere einathembar, und durch ihn auch das Gemisch selbst, welches wir atmosphärische Luft nennen. Keine andre Gasart (deren wir eine beträchtliche

Anzahl kennen) ist zum fortgesetzten Einathmen für Menschen und Thiere tauglich, und auch die atmosphärische Luft kann durch zu starke Beimischungen, oder durch bedeutende Verminderung des Sauerstoffgehaltes, untauglich zum Einathmen werden.

§. 23.

Eine Haupteigenschaft der Luft und jedes Gases ist die Elasticität. Nicht allein lässt sie sich um mehr als das Hundertfache zusammendrücken, sondern sie dehnt sich auch in's Ungemessene aus, sobald der Raum dazu gegeben ist, und sie erfüllt jedesmal den ihr gegebenen Raum ganz. Sie übt einen elastischen Druck auf alle Körper sowohl, als auch auf sich selbst aus und dieser gegenseitige Druck der Luftmassen erhält sie im Gleichgewicht. Nach dem *Mariotte*schen Gesetz verhält sich die Dichtigkeit einer Luftschicht stets wie der Druck, den sie empfindet. Die tiefern Luftschichten sind also nothwendig dichter, da sie von einer grösseren Menge höher liegender Luftmassen Druck empfinden, und üben in gleichem Maasse verstärkteren Druck auf die noch tiefer liegenden aus. Den stärksten Druck empfindet also die Erdoberfläche selbst und die auf ihr befindlichen Körper; die an der äussersten Grenze liegende Luftschicht müsste hiernach unendlich dünn und der Druck für sie gleich Null sein.

Indess ist nicht zu übersehen, dass zwei Umstände einer solchen unendlichen Ausdehnung der Luft entgegenstehen. Die Schwere der Luft (obgleich sie im Zustande ihrer mittlern Dichtigkeit an der Erdoberfläche nur $^1/_{900}$ der Schwere des Wassers zeigt) bewirkt eine grössere Annäherung der Massen zur Erde, als ausserdem Stattfinden würde, und die in den höhern Regionen herrschende grosse Kälte (die von den Jahreszeiten der Erde ganz unabhängig ist) verdichtet ebenfalls die Luft, und verengert ihre obern Grenzen. — Eine Ausdehnung, die das Fünffache des Erdhalbmessers überstiege, könnte sie überdies aus noch andern Gründen nicht haben: hier wäre nämlich der Umschwung, den die Erdrotation veranlasst, so stark dass die jene Höhe überschreitenden Luftmassen von der Erde hinweggeschleudert und in den Weltenraum zerstreut werden würden.

Indess haben wir kein direktes Mittel, die Höhe zu welcher die Atmosphäre sich erstreckt, zu bestimmen; wir können nur im Allgemeinen die untere Grenze bezeichnen, welche sie mindestens haben muss. Ihre strahlenbrechende und strahlenzurückwerfende Kraft (s. weiter unten §. 26.) ist bis zu

9 — 10 Meilen Höhe hin noch merklich. Sind die Nordlichte und einige andre Meteore atmosphärische Erscheinungen; so ist ihre Höhe mindestens 80 — 100 Meilen; doch muss sie in solchen Entfernungen ungemein dünn sein.

§. 24.

Um das Gesetz der Abnahme der Luftdichtigkeit zu bestimmen, so setze man die Dichtigkeit an der Erdoberfläche = 1. Die nächst darüber liegende Luftschicht wird einen um $1/m$ geringeren Druck empfinden, ihre Dichtigkeit ist also $= \frac{m-1}{m}$. Die weiter fortschreitende Verminderung (die Dicke der einzelnen Schichten gleich gesetzt) kann demnach nur im Verhältniss der Dichtigkeit selbst vor sich gehen, wird also von $\frac{m-1}{m}$ die neue Verminderung in Abzug gebracht, so erhält man $\frac{m-1}{m} - \frac{1}{m} \cdot \frac{m-1}{m} = \left(\frac{m-1}{m}\right)^2$. Die Dichtigkeit der Luft muss also nach den Potenzen des Bruchs $\frac{m-1}{m}$ abnehmen, während die Höhe der Luftschicht gleichförmig zunimmt, und sie nimmt demnach in einer geometrischen Reihe ab, während die Höhe arithmetisch steigt; und beide werden also folgende Form haben:

Höhe der Luftschicht	0	1	2	3	4	...	n
Dichtigkeit	1	$\left(\frac{m-1}{m}\right)$	$\left(\frac{m-1}{m}\right)^2$	$\left(\frac{m-1}{m}\right)^3$	$\left(\frac{m-1}{m}\right)^4$	...	$\left(\frac{m-1}{m}\right)^n$

Es geht nun aus dem Gesagten zur Genüge hervor, dass die Abnahme nicht sprungweise nach gewissen Absätzen, sondern continuirlich erfolgt: hat man also durch Versuche herausgebracht, in welcher Höhe die Abnahme des Drucks eine gewisse Grösse betrage, so hat man dadurch das Mittel, die Dichtigkeit für jede Höhe zu berechnen. Denn da die Dichtigkeit D für die Höhe n durch die Gleichung

$$D = \left(\frac{m-1}{m}\right)^n$$

gegeben ist, welche logarithmirt in die folgende

$$\log D = n \log \left(\frac{m-1}{m}\right) = n \left(\log\,[m-1] - \log m\right)$$

übergeht, so hat man nur die Einheit für n zu bestimmen, bei

welcher m eine verlangte Grösse erreicht, was durch direkte Versuche geschehen muss.

§. 25.

Das geeignetste Instrument für solche Bestimmungen ist das bekannte Barometer. Die Grösse der Quecksilbersäule in demselben giebt nämlich unmittelbar den Druck und die Dichtigkeit der Luft an, sucht man also die Höhe, in welcher es um eine verlangte Quantität, z. B. um eine Pariser Linie fällt, so hat man das Verlangte. Durchschnittlich fällt das Barometer, das an der Meeresfläche etwa 338 Linien hoch steht, für 78 Fuss Höhe um 1 Linie. Hiernach würde z. B. in 1000 Fuss Höhe die Dichtigkeit D gegeben sein durch die Gleichung

$$\log. D = \frac{1000}{78}\left(\log.\ 337 - \log.\ 338\right)$$

deren Auflösung D = 0,9347210 ergiebt; und in ähnlicher Art kann man auch n finden, wenn D gegeben ist, indem sich sogleich ergiebt

$$n = \frac{\log.\ [m-1] - \log.\ m}{\log.\ D}.$$

Diese letztere Anwendung des *Mariotte*schen Gesetzes ist die am häufigsten in der Praxis vorkommende, denn es ist leichter, durch das Barometer den Druck der Luft zu bestimmen, als die Höhe selbst direkt zu messen. Indess müssen hierbei manche andre Umstände berücksichtigt werden. Grössere Wärme dehnt die Luft aus, vermindert folglich ihren Druck und vergrössert so die Höhe, in welcher das Barometer um eine bestimmte Quantität fällt. Die Feuchtigkeiten, welche sich in Dampfform in der Luft befinden, wirken gleichfalls auf das Barometer; eben so ist, ganz abgesehen von diesen Correctionen, die Abnahme unter verschiednen geographischen Breiten ebenfalls etwas verschieden. Da endlich kein einziger Erdort eine constante Barometerhöhe hat, und überdiess die Gesetze, nach denen seine Veränderungen sich richten, nur zum geringern Theile bekannt sind, eine Vorausberechnung des Barometerstandes also nicht möglich ist, so bleibt nur übrig, das Barometer an beiden Orten, deren Höhenunterschied man bestimmen will, und zwar gleichzeitig zu beobachten, wobei dann immer noch vorausgesetzt werden muss, dass die gleichzeitigen Veränderungen des Barometers an beiden Orten pro-

portional erfolgt seien, eine Voraussetzung, die nur innerhalb gewisser Grenzen annähernd wahr sein kann.

Eine genauere Formel für barometrische Höhenbestimmungen hat zuerst *Laplace* entwickelt, und hiernach haben *Gauss*, *Ottmanns* u. a. Tafeln berechnet. *Bessel* hat neuerdings noch die in der Luft enthaltene Dampfmenge dabei berücksichtigt und hierauf bezügliche Formeln und Tafeln gegeben. Man findet diese und andre hierher gehörige Arbeiten sehr vollständig in *Schumachers* Astronomischem Jahrbuch Bd. 1—4, worauf hier verwiesen werden muss.

§. 26.

Für den Astronomen ist eine möglichst genaue Bestimmung der Luftdichtigkeit besonders deshalb wichtig, weil davon die Grösse der Strahlenbrechung abhängt, die er bei seinen Beobachtungen genau kennen muss, um aus den scheinbaren Höhen der Gestirne die wahren abzuleiten. Geht nämlich der Lichtstrahl aus irgend einem durchsichtigen Medium in ein andres von verschiedner Dichtigkeit über, so wird er von seinem graden Wege abgelenkt. Es sei (Fig. 11.) AB diejenige Fläche, welche ein dünneres Medium (auf der Seite von H) von einem dichteren (nach K zu gelegenen) trennt. Wird HK normal auf AB gedacht, und es trifft ein von C kommender Lichtstrahl die trennende Fläche in D, so geht er nicht den graden Weg nach G fort, sondern wird nach E abgelenkt, so dass seine neue Richtung der Normale DK näher liegt als die frühere. Einem Auge in E, welches diesen Lichtstrahl empfängt, muss es demnach so scheinen als komme er nicht von C, sondern von der Richtung F her.

Wäre umgekehrt das dichtere Mittel auf der Seite, von welcher der Lichtstrahl kommt, so würde er in D, wo er in das dünnere Mittel übergeht, eine Richtung annehmen, die ihn von der Normale DK weiter entfernt. Wäre also z. B. FD ein solcher Strahl, so würde er, in D angekommen, nicht die frühere Richtung nach E zu, sondern eine neue nach G verfolgen.

Der Winkel CDH heisst der Einfallswinkel, EDK der gebrochene und GDE die Brechung, und es gilt die Regel, dass für dieselben 2 Medien der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels stets dasselbe Verhältniss hat. Der Quotient $\frac{\text{Sin CDH}}{\text{Sin EDK}}$ heisst der Brechungscoefficient; er ist grösser als die Einheit bei'm Ueber-

gange aus einem dünneren in ein dichteres Mittel, und kleiner im umgekehrten Ealle. Die Grösse der Brechung kann also sowohl aus dem Einfalls- als auch aus dem gebrochenen Winkel gefunden werden, sobald der Brechungscoefficient bekannt ist, diesen aber muss man durch direkte Versuche ermitteln. Sei dieser Coefficient m, der Einfallswinkel a und der gebrochene f, so ist allezeit

$$\sin a = m \sin f, \text{ folglich } \sin f = \frac{\sin a}{m} \text{ und die Brechung} = a - f.$$

Fällt ein Strahl in die Richtung der Normale selbst, so findet natürlich keine Brechung statt, denn in diesem Falle ist a = Null, folglich auch sin a und $\frac{\sin a}{m}$. — Bei Verfertigung optischer Instrumente ist eine genaue Kenntniss des Brechungscoefficienten für die verschiednen Glasarten erforderlich.

§. 27.

Wenn das dünnere Mittel nicht, wie hier angenommen, in einer einzigen Ebene plötzlich in ein dichteres übergeht, sondern die Zunahme der Dichtigkeit stetig und allmählig erfolgt, so wird der Lichtstrahl in jeden Augenblick eine Veränderung seiner Richtung erfahren, folglich nicht eine gebrochene Linie wie C D E, sondern eine Curve bilden, deren Gestalt von dem Gesetz der Dichtigkeitszunahme abhängig sein wird. Sei (Fig. 12.) A B die obere, C D die untere Grenze einer Luftmasse, welche in unendlich vielen Schichten von zunehmender Dichtigkeit getheilt ist, so wird der Strahl F G nicht seine Richtung nach M hin fortsetzen, sondern von G ab unendlich viele Ablenkungen näher der Normale hin, erfahren und eine Curve G C beschreiben. Die Tangente dieser Curve von C, nämlich E C, wird demnach die Richtung sein, aus welcher der Lichtstrahl für ein in C befindliches Auge zu kommen scheint, während seine wahre ursprüngliche Richtung F M ist. Der Winkel F M E ist folglich die Summe sämmtlicher Brechungen, die der Lichtstrahl nach und nach erfahren hat, und dieser Winkel ist es, welcher in der Astronomie unter dem Namen Refraktion (Strahlenbrechung) bekannt ist. Bei der eigentlichen astronomischen Refraktion befinden sich die gesehenen Körper ausserhalb des Luftkreises, und man unterscheidet von ihr die terrestrische, wo sie sich innerhalb desselben, aber in einer Höhe befinden, die von der Höhe des Auges verschieden ist.

Es ist leicht einzusehen dass die astronomische Refraktion im Zenith selbst gleich Null, und am Horizont in ihrem Maximo sein müsse, dass sie ferner mit steigendem Barometer und eben so mit sinkendem Thermometer grösser werden (vgl. §. 25) und dass man folglich, ausser der scheinbaren Zenithdistanz, auch noch den Stand des Barometers und Thermometers beobachten müsse, um die Grösse der Refraktion zu bestimmen und somit die gemachte Beobachtung von ihrem Einflusse zu befreien. Schon *Cleomedes* bemerkte die Refraktion, aber erst *Bradlay* und *La Caille* gaben uns genauere Tafeln derselben, die man in neuester Zeit immer mehr vervollkommnet hat. Auch hier sind *Bessels* neuere Arbeiten als das Vorzüglichste zu nennen, was wir besitzen.

Die mittlere Grösse der Strahlenbrechung am Horizont ist etwa dem scheinbaren Sonnendurchmesser (32 Minuten) gleich, für höher liegende Orte natürlich geringer. Sie nimmt keinesweges der Höhe proportional, sondern anfangs sehr rasch ab; in 12 Grad Höhe beträgt sie etwa noch 6, in 45 Grad Höhe 1 Minute, näher dem Zenith beträgt ihre Abnahme für jeden Grad etwa 1 Sekunde, bis sie im Zenith selbst, wie oben bemerkt, Null ist. Aus diesem Grunde erscheinen die Sonne und der Mond am Horizont selbst nicht als Kreise, sondern gleichsam plattgedrückt, als Ellipsen. Es sei Fig. 13. AH der Horizont, und die Sonne berühre denselben (die Refraktion hinweggedacht) mit ihrem oberen Rande s. Der untere Rand S wird um den vollen Durchmesser, also bis s, der obere s aber, aus der oben angegebenen Ursache nur bis s′ gehoben, und so entsteht (da die Seitenränder in vertikaler, folglich nahe paraleler Richtung gehoben werden) die Figur as′bs, die vom Kreise so viel abweicht, als der Unterschied der Refraktionen für den untern und obern Sonnenrand beträgt.

§. 28.

Der Lichtstrahl wird aber bei seinem Durchgange durch den Luftkreis nicht blos abgelenkt, sondern auch **geschwächt**, und zwar um desto mehr, je länger der Weg ist, den er durch den Luftkreis zurückzulegen hat, und je dichtere Luftschichten er durchschneidet. Aus beiden Ursachen ist die Luftschwächung am geringsten im Zenith, am stärksten im Horizont. Bis 45° oder 50° Zenithdistanz hin kann man annehmen, dass die Zunahme der Lichtschwächung unmerklich, und folglich die Beobachtungen gleich gut mit denen im Zenith selbst sind, weiterhin aber fängt sie an, nachtheilig einzuwirken, und über

75° oder höchstens 80° Zenithdistanz hinaus wird der Astronom, wenn er es vermeiden kann, keine Beobachtung mehr machen, die auf Genauigkeit Anspruch machen soll. Die Lichtschwächung allein würde zwar bei manchen Körpern, wie die Sonne, Venus u. a. nicht sehr nachtheilig sein, allein gewöhnlich ist damit auch eine grössere Undeutlichkeit und Unbestimmtheit der Umrisse verbunden, so wie ein Hin- und Herzittern der Bilder, was ein scharfes Pointiren unmöglich macht. — Dass diese Lichtschwächung und Trübung der Bilder desto stärker werde, je mehr die Luft mit Dünsten angefüllt ist, versteht sich von selbst*).

§. 29.

Wäre die Luft völlig durchsichtig, so würden die Strahlen, wenngleich gebrochen, durch sie hinfahren, ohne dass man da, wohin ihr Weg sie nicht direkt führt, eine Spur derselben wahrnehmen würde. Aber die Lufttheilchen haben auch die Eigenschaft, einen grössern oder geringern Theil des auf sie treffenden Lichtes zurückzuwerfen, so dass wir, auch wenn wir den leuchtenden Körper selbst nicht mehr sehen, doch noch die von ihm erleuchtete Luft wahrnehmen können. Es sei Fig. 14. B A ein Theil des Umfanges der Erde, und ein Strahl komme von S her so, dass er in A die Erdfläche als Tangente berührt, so wird jenseit A nach B zu der Körper, von dem der Strahl ausgeht, nicht mehr gesehen werden können. Allein er setzt seine Richtung durch die Atmosphäre fort, welche ihn theilweise auf die Gegend jenseit A zurückwirft, und ist C der Punkt, wo diese Zurückstrahlungsfähigkeit aufhört merklich zu sein, so wird die grade Linie C B die

*) Unkundige pflegen gewöhnlich einen hohen Werth darin zu setzen, dass eine Sternwarte rings herum freien Horizont habe, und in der That war dies der Grund, weshalb man in früheren Zeiten *hohe Thürme* baute, und auf ihnen die Instrumente aufstellte. Eine bessere Einsicht des wahren Zwecks einer Sternwarte hat dahin geführt, dies Princip völlig zu verlassen. Dem Astronomen ist in der That sehr wenig daran gelegen, die immer trüber und undeutlicher werdenden Bilder der Gestirne bis zum Horizont verfolgen zu können, allein es liegt alles daran, dass die grösstmöglichste Festigkeit für den Standpunkt der Instrumente erlangt werde, und dazu sind hohe Thürme am allerschlechtesten geeignet. Mehrere der vorzüglichsten Sternwarten neuerer Zeit sind deshalb so angelegt, dass die Haupt-Instrumente zu ebener Erde stehen.

Grenzen auf der Erdfläche bezeichnen, bis wohin noch eine Spur des von S ausgehenden Lichtes wahrgenommen werden kann.

Indess ist der zurückgeworfene Theil des Lichts ein so geringer, dass nur bei den Sonnenstrahlen das Phänomen, unter dem Namen der Dämmerung bekannt, merklich wird. Der Mond bewirkt im günstigsten Ealle nur eine äusserst schwache, die übrigen Gestirne gar keine Dämmerung. Bei der Sonne dagegen ist sie so merklich, dass nach ihrem Untergange eine beträchtliche Zeit verstreicht, ehe man die Gestirne mit blossen Augen wahrnimmt, ja dass man wohl noch eine Stunde nach Sonnenuntergang in frei gelegenen und hellen Zimmern seine Geschäfte ohne Licht verrichten kann. — Man hat beobachtet, dass die letzten Spuren der Dämmerung verschwinden, wenn die Sonne 18 Grad unter den Horizont hinabgesunken ist; woraus man für den Punkt C eine Höhe von beiläufig 9 Meilen berechnet hat. So weit also erstreckt sich derjenige Theil des Luftkreises, der noch dicht genug ist, um sich auf diese Weise merklich zu machen.

Erst wenn die letzten Spuren der Dämmerung verschwunden sind, wird man bei übrigens heiterm Himmel die schwächsten der überhaupt noch sichtbaren Sterne wahrnehmen. Da es nun in höheren Breiten Sommernächte giebt, in denen selbst um Mitternacht die Sonne weniger als 18 Grad unter dem Horizont steht, so wird für solche Gegenden, um die Zeit des längsten Tages, gar keine eigentlich dunkle Nacht, sondern nur Dämmerung sich zeigen. Für Berlin findet dies vom 17. Mai bis 25. Juli Statt, für Petersburg vom 22. April bis 20. August. An den Polen der Erde währt sie noch 52 Tage nach dem Untergange der Sonne zur Zeit der Aequinoctien. So dauert am Nordpol, nachdem die Sonne am 23. September untergegangen ist, die Dämmerung bis zum 13. November fort; erst dann tritt völlige Dunkelheit ein und währt bis zum 29. Januar, wo sich die ersten Spuren der grossen Morgendämmerung zeigen, die immer heller werdend, schon im Anfang des März alle Sterne ausgelöscht hat und am 21. März die Sonne heraufführt. — Die Refraktion verspätet den Sonnenuntergang und lässt uns den Aufgang früher wahrnehmen, verlängert also den Tag direkt; die Dämmerung verkürzt ihrerseits die eigentlich dunkle Nacht um ein Beträchtliches, so dass in allen Erdgegenden, wenn man auf das Jahr im Ganzen sieht, viel mehr Tag als Nacht ist. Unter dem Aequator, wo diese Vermeh-

rung am geringsten ist, zählt man unter den 8646 Stunden des Jahres

4348 Stunden Tag,
852 „ Dämmerung,
3446 „ Nacht.

Unter den Polen stellt sich das Verhältniss wie folgt:

4389 Stunden Tag,
2370 „ Dämmerung,
1887 „ Nacht,

wonach sich die Zwischenwerthe beiläufig beurtheilen lassen.

§. 30.

Die gesammte Masse der Luft lässt sich genauer als ihre Höhe angeben, sie beträgt etwa ein Milliontel der Erdmasse. Sie nimmt an beiden Bewegungen der Erde, sowohl der fortschreitenden als der rotirende, Theil, und bleibt keinesweges hinter der letztern zurück, wie man sonst wohl angenommen und darin die Ursache des beständigen Ostwindes am Aequator gesucht hat, der vielmehr durch die von O nach W fortschreitende Erwärmung der Erdfläche entsteht. Sie hat aber auch, eben so wie das Wasser, eigne Bewegungen verschiedner Art (Winde), die zum Theil beständig, grösstentheils aber veränderlich sind und deren Richtung durch die Rotation der Erde zwar nicht hervorgebracht, aber doch theilweise modificirt wird. Die Lehre von den darin vorgehenden Veränderungen gehört in das Gebiet der Meteorologie und muss demnach hier übergangen werden, eben so wie die speciellen chemischen Untersuchungen über ihre wesentlichen und zufälligen Bestandtheile. — Wir dürfen als wahrscheinlich annehmen, dass auch mehrere der übrigen Weltkörper von einem luftartigen Fludium umgeben sind, da wir Spuren einiger der oben angeführten optischen Wirkungen derselben an ihnen wahrnehmen; von allen aber gilt dies nicht (namentlich nicht von unserm Monde) und noch viel weniger ist anzunehmen, dass gleichsam der ganze Weltraum von luftähnlicher Masse erfüllt sei und diese sich nur in der Nähe eines festen Weltkörpers mehr verdichtet zeige. Ist es gleich, wie wir in der Folge sehen werden, wahrscheinlich, dass die Räume zwischen den Weltkörpern nicht absolut leer, sondern mit einem sogenannten widerstehenden Mittel (Aether) angefüllt sind, so zeigt dieser doch keine einzige der Eigenschaften, welche der Luft und jeder Gasart wesentlich zukommen, und diejenige Atmosphäre, welche wir hier im Allgemei-

nen beschrieben haben, muss demnach als der Erde eigenthümlich zugehörend angesehen werden.

Vierter Abschnitt.

Das Sonnensystem.

§. 31.

Im frühesten Alterthume, wo alle Wissenschaften nur in ihren ersten und rohesten Uranfängen gegeben waren, konnte an ein System im heutigen Sinne des Worts nicht füglich gedacht werden, wenn dieses Wort eine Darstellung des *innern* Zusammenhanges und des wahren Grundes der äussern Erscheinungen in der Körperwelt in sich begreift. Denn Meinungen über einzelne Phänomen und Versuche, diese und jene isolirt stehende Wahrnehmung zu erklären, können keinen Anspruch auf den Namen System machen, selbst dann nicht, wenn hin und wieder bei diesen Versuchen das Rechte getroffen sein sollte. In den verschiednen philosophischen Schulen Griechenlands erfreute sich überdiess die Naturbetrachtung keiner besondern Pflege, und die auf uns gekommenen Aeusserungen der Alten über diejenigen Wahrnehmungen, die sich von selbst Aller Augen darboten und eine Erklärung erheischten, tragen so sehr den Charakter blosser einseitiger Speculation, dass man sich nicht wundern darf, wenn eben so viele gänzlich verschiedne Meinungen als Philosophen bei den Griechen gefunden werden.

Wie indess fast jede später erwiesene und allgemeiner anerkannte Wahrheit in der Vorzeit wo nicht erkannt, doch bereits von Einzelnen dunkel geahnt ward, so auch das wahre Weltsystem. In der pythagoräischen Schule galt nämlich das Feuer für den Mittelpunkt der Welt, auf den sich Alles beziehe. Dies könnte nun allerdings auf die Sonne als Centrum der Bewegungen gedeutet werden, und dem *Nicetas*, *Heraclides*, *Ecphantus* scheint diese oder eine ähnliche Deutung wirklich vorgeschwebt zu haben. Die wichtigste uns aufbe-

haltene Stelle in dieser Beziehung ist die des Aristarch von Samos. „Die Erde“ sagt er, „dreht sich um ihre Axe und zugleich in einem schiefen Kreise um die Sonne. Dieser Kreis aber verhält sich zur Entfernung der Fixsterne nur wie der Mittelpunkt zur Peripherie, und deshalb können wir die Bewegung der Erde an den Fixsternen nicht wahrnehmen.“ Gewiss das Wahrste und Richtigste, was sich überhaupt sagen liess in einem Zeitalter, wo man sich noch gar nicht einmal klar gemacht hatte was denn eigentlich zu erklären sei. Abgesehen davon dass der Bewegung der Planeten hier gar nicht erwähnt wird, die doch in ihrem scheinbaren Laufe gerade die meisten und schwierigsten Verwickelungen darbieten, so musste auch nothwendig die Vorstellung von einem Kreise, der sich zu einem andern wie das Centrum zur Peripherie verhalte, Anstoss erregen und konnte höchstens nur annährend wahr sein.

Ueberhaupt aber stand jeder richtigen Vorstellung die allgemein verbreitete Ansicht entgegen, unsre Erde sei gleichsam das Ganze, oder doch der eigentliche Kern der Welt, und die Gestirne, so wie Sonne und Mond, nur ein wenig bedeutender Zubehör derselben, die sich in den höhern Luftregionen aufhielten und bewegten. Nur sehr allmählig und nur in einzelnen Punkten vermochten die philosophischen Schulen, sich von dieser Ansicht loszumachen; allgemeine Volksmeinung blieb sie und ist es bei sehr vielen Völkern bis auf unsre Tage geblieben. Sie muss aber gänzlich verschwinden, wenn ein Weltsystem Platz gewinnen soll. Denn die Aufgabe eines solchen ist ja eben, die scheinbaren Bewegungen aller Himmelskörper auf ihre wahren zurückzuführen und diese sodann nach möglichst einfachen und allgemeinen Naturgesetzen folgerichtig zu erklären, wobei die Stellung und Bedeutung, die irgend einem einzelnen Weltkörper, also z. B. der Erde zukommt, durchaus nicht im Voraus gesetzt, sondern erst aus dem vollständig entwickelten Systeme gefolgert werden kann. Diese Aufgabe aber hat keiner der alten Philosophen, auch Aristarch nicht ausgenommen, sich gestellt, noch auch bei dem damaligen Zustande der Wissenschaft, sich stellen können*).

*) Wenn also gleich jene angeführte Stelle des **Aristarch** dem *Copernicus* bekannt gewesen wäre — was indess erweislich nicht der Fall war — so würde der Ruhm seiner Entdeckung dadurch

Der Herr Buchbinder wolle gefälligst diesen Carton gehörigen Orts einkleben, und das andere Blatt dagegen ausschneiden.

§. 32.

Mit jenem Grundirrthum, welcher Erde und Welt gleichsam identificirte, war die Vorstellung von einer Ruhe der Erde fast nothwendig verbunden: den sinnlichen Schein hatte sie noch überdies für sich und so haben wir uns nicht zu verwundern, dass man diesen Schein für die Wahrheit selbst nahm. Dass alle Gestirne, und der Himmel als ein Ganzes (primum mobile) sich um die Erde bewegten, scheint bei den grössten Weisen des Alterthums, einem *Plato, Aristoteles*, ja selbst in der Alexandrinischen Schule, gar keinem Zweifel unterworfen gewesen zu sein. Nur dass in der erwähnten Schule, wo zuerst die Beobachtung eine wissenschaftliche Form gewann und nach einem festen Plane angestellt wurde, auch das Bedürfniss eines allgemeinen und umfassenden Sytems sich zuerst fühlbar machte; dass man hier zuerst erkannte, wie Forschung allein, nicht philosophische Speculation, den Naturwissenschaften festen Bestand geben und ihren künftigen Fortschritt sichern könnte.

Die grossen Astronomen Alexandriens, *Hipparch* an ihrer Spitze, mussten bald wahrnehmen dass der Ausweg aus dem Labyrinthe der planetarischen und andrer Himmelsbewegungen so leicht nicht sei; sie stiessen auf Schwierigkeiten, deren Existenz man bis dahin wohl schwerlich geahnt hatte. Dass z. B. Kreisbewegungen selbst bei Sonne und Mond nicht ausreichten, kam bald an den Tag: dass die Entfernung und wirkliche Grösse der Gestirne eine ganz andre sei als man früher gemeint, und dass man auf neue, zuverlässigere Mittel bedacht sein müsse um sie zu erforschen, konnte ebenfalls nicht länger verborgen bleiben. *Hipparch* ist wahrscheinlich der Erste, der die grosse Aufgabe der Astronomie, so weit dies damals möglich war, richtig erkannte und mit einem nie genug zu rühmenden Eifer zu ihrer Lösung schritt. Was die Sternkunde ihm verdankt, ist

nicht im Geringsten geschmälert werden. In der That konnte nur jene starre Einseitigkeit, die ausser den Leistungen des „klassischen Alterthums" nichts Grosses und Vortreffliches anerkennt, dem *Copernicus* eine Palme entreissen wollen, die alle Völker und alle Zeiten, so lange es eine Wissenschaft geben wird, ihm willig darreichen werden.

unschätzbar; doch eine einfache und allen Erscheinungen genügende Erklärung zu finden, getraute er sich nicht.

Sein Nachfolger *Claudius Ptolemäus* hingegen unternahm es, ein System der Bewegungen aufzustellen, bei welchem die obige Grundvorstellung, die Ruhe der Erde in der Mitte des Weltalls, vorausgesetzt war, folglich nur Bewegungen ausser der Erde zu erklären blieben. Ein allumfassendes primum mobile, eine allgemeine Sphäre, führt Fixsterne, Sonne, Planeten, Mond, Kometen, kurz alles ausser der Erde Vorhandene in 24 Stunden um diese herum. Daneben aber bestehen einzelne Sphären, in welchen die besondern Bewegungen stattfinden. Mond und Sonne laufen in excentrischen Kreisen, jener in $27\frac{1}{3}$ Tag, diese in $365\frac{1}{4}$ Tagen um die Erde, daher ihr bald langsamer, bald schneller erscheinender Lauf und ihre veränderliche Grösse. Die Planeten dagegen laufen nicht in Kreisen, sondern in Epicyklen um die Erde, daher ihr scheinbares Vor- und Rückwärtsgehen, so wie ihr zeitweises Stillstehen. Diese Epicyklen mussten so viele Durchschlingungspunkte erhalten, als der Umlauf des Weltkörpers Erdjahre in sich begriff, Jupiter z. B. 12 und Saturn 29 solche Durchschlingungen.

§. 33.

Da durch dieses verwickelte System gleichwohl noch nicht alles erklärt werden konnte, da — ganz abgesehen von den Kometen — bei den Planeten selbst die Epicyklen noch nicht ausreichten, so vervielfältigte man sich gleichsam genetisch, man setzte neue Epicyklen an die alten. — Stellt man sich einen Planeten, etwa Jupiter, vor, der sich um die Sonne bewegt, lässt um diesen sich einen Mond, um diesen wieder einen vierten Körper, etwa einen Meteorstein, sich bewegen; setzt man nun statt der Sonne die Erde, statt des Jupiter und seines Mondes blosse ideale Punkte, und statt des Meteorsteins endlich den Planeten, so hat man ein Bild des Systems, welches das Ptolemäische genannt wird. — Die Fixsterne befanden sich alle an der äussersten Sphäre und nahmen nur an der allgemeinen 24stündigen Bewegung Theil; die Sphaera Lunae war die innerste und ihre Entfernung von der Erde hatte man, und nicht ohne Erfolg, zu bestimmen versucht.

Da — vieler andern unauflöslichen Fragen nicht zu gedenken — hieraus nicht wohl erklärt werden konnte, warum Merkur und Venus, wenn sie um die Erde liefen, sich nie auf der der Sonne entgegengesetzten Seite zeigten, so veranlasste

dies eine Modifikation des Systems, nach welchem diese beiden Planeten nicht unmittelbar, sondern nur als Begleiter der Sonne mit dieser um die Erde liefen und ausserdem noch eine eigne Bewegung um die Sonne hätten: (Egyptisches System.)

Auf eine Untersuchung der Kräfte, welchen diese Bewegungen zuzuschreiben seien, auf eine Darstellung der Gesetze ihrer Wirkungen musste hier gänzlich verzichtet werden; es konnte und wollte nicht mehr sein als ein System des Scheines, und gewiss hat der Urheber desselben diese Unvollkommenheit lebhaft gefühlt und es wohl für nichts weniger gehalten als für ein definitiv entschiedenes, bei welchem alle Folgezeiten stehen bleiben müssten.

Was würden jene grossen Alten gesagt haben, wenn sie nach anderthalb Jahrtausenden zurückgekehrt und die Wissenschaft noch auf demselben Punkte gefunden hätten worauf ihr Genius sie gestellt! wenn sie statt rüstigen Fortschritts, zu dem sie die Bahnen geebnet, sklavische Nachbeterei gefunden, ja sogar alten Irrthümern, denen sie längst ein Ende gemacht zu haben glaubten, — man denke nur an die wieder zur Scheibe gewordne Erde des Mittelalters, — auf's Neue hervorgewuchert, begegnet wären! O ewig unauslöschlicher Schandfleck der Menschheit!

Dem Geschichtsschreiber bleibe das traurige Geschäft, ein Culturbild dieser Zeiten zu entwerfen und dabei, wenn er es ja der Mühe werth findet, auch der im Staube liegenden, durch rohen Aberglauben verunstalteten fast vergessenen Astronomie zu gedenken. Wir überspringen sie, um uns zu dem Manne zu wenden, dem allein unter seinen Zeitgenossen ein *Hipparch* und *Ptolemäus* die Bruderhand gereicht hätten — *Nicolaus Copernicus*.

§. 34.

Sein System ging aus der Ueberzeugung hervor, dass selbst die verwickelsten Epicyklen nie im Stande sein würden, allen beobachteten Bewegungen der Planeten zu ensprechen, und dass allgemeine Naturgesetze nothwendig viel einfacher sein müssten. Er fand die Ruhe der Erde unverträglich mit dieser Einfachheit, und kehrte in dieser Beziehung zur alten pythagoräischen Vorstellung zurück, doch nicht um dabei stehen zu bleiben. Indem er die Sonne als ruhenden Mittelpunkt setzte, liess er die Planeten, unter denen die Erde die dritte Stelle einnahm, sich um die Sonne in excentrischen Kreisen bewegen, nur der Mond behielt den Lauf bei, den das ptole-

mäische System ihm bereits angewiesen hatte. An die Stelle des unerklärlichen primum mobile setzte er eine Bewegung der Erde um ihre Axe (Rotation), so dass diese eine doppelte Bewegung hat, vermöge der einen im Raume fortrückt, vermöge der andern aber innerhalb 24 Stunden jeden ihrer Meridiane den Meridianen des Himmels entgegenstellt, und dadurch die scheinbare tägliche Bewegung desselben veranlasst. — In diesem System erklären sich, wie wir unten sehen werden, alle Ungleichheiten, Stillstände und Rückgänge ungezwungen und natürlich durch die gleichzeitige Bewegung sowohl unsres Standpunkts als des beobachteten Planeten. — Zu seiner Zeit konnte man von der Rotation der übrigen Weltkörper noch nichts wissen und auch aus *Copernicus* System folgte sie nicht unabweisbar nothwendig; sie ward nur dadurch höchst wahrscheinlich. Dagegen schloss er mit strenger Consequenz aus seinem Systeme, dass Mercur und Venus, vermöge ihrer Bewegung um die Sonne innerhalb des von der Erde beschriebenen Kreises, uns Phasengestalten, ähnlich denen des Mondes, zeigen müssten, wenn ihre grosse Entfernung es erlaubte sie zu beobachten. — Funfzig Jahre später zeigte das Fernrohr, bald nach seiner Erfindung, uns Mercur und Venus genau in denselben Gestalten, in denen das geistige Auge des grossen Mannes sie prophetisch geschaut hatte!

Nur auf dringendes Zureden seiner Freunde entschloss *Copernicus* sich im hohen Greisenalter, das Werk dem Druck zu übergeben, und erst auf dem Sterbebette, schon der Sprache und vielleicht selbst des Bewusstseins beraubt, sah er das erste Exemplar desselben und nahm es mit unverkennbarer Freude in die Hand, — einige Stunden später war er nicht mehr unter den Lebenden.

§. 35.

Dieses System ist die einzig mögliche, ewige Grundlage aller weitern Fortschritte in der Astronomie und bei dem gegenwärtigen Zustande derselben ist für den Kenner kein Zweifel mehr denkbar. Alle Einwürfe, welche sowohl *Copernicus* sich selbst, als seine Nachfolger dagegen machten, sind vollständig aufgelöst, gehoben und in eben so viele Beweise des Systems verwandelt — das ächte Kennzeichen der Wahrheit. Es wird nicht undienlich sein, dieser Einwürfe hier in der Kürze zu gedenken, um so mehr, als sie Veranlassung zu einem dritten, einem *Juste-Milieu*system, gegeben haben, welches *Tycho de Brahe* aufstellte, — man weiss nicht wohl, ob

im Ernste oder nur um es mit seinen ungläubigen Zeitgenossen nicht gänzlich zu verderben und dem *Copernicus* so viel als möglich zu retten. Indess bedarf es nur eines ganz allgemeinen Ueberblicks um zu zeigen, dass dieses *Tychoni*sche System, weit entfernt eine einfache Erklärung zu geben, vielmehr das verwickeltste und sonderbarste von allen, und noch weit weniger als das *Ptolemäi*sche zur Darstellung der wirklich wahrgenommenen Bewegungen geeignet ist.

Um die Sonne bewegen sich hier nicht blos Mercur und Venus, sondern auch alle anderen Planeten, die Erde ausgenommen. Diese steht im Mittelpunkt des Weltalls ruhig, dreht sich nicht um ihre Axe, sondern die Sonne bewegt sich in 24 Stunden um sie, bei welcher Bewegung sie Schraubengänge beschreibt, deren Periode ein Jahr ist. Bei diesem Laufe wird die Sonne von allen Planeten begleitet, selbst von denen, welche weiter als die Erde von ihr entfernt sind, und die Bewegung der Planeten ist also aus der der Sonne und ihrer eignen zusammengesetzt. — Für die Fixsterne wusste *Tycho* gleichfalls keinen andern Rath als sie in 24 Stunden um die Erde laufen zu lassen, eben so wie im *Ptolemäischen* System.

Eine vollständige Entwickelung der Bewegungen nach *Tycho's* System würde ganz geeignet sein zu zeigen, in welches Chaos von Unbegreiflichkeiten man sich hineinarbeiten muss, wenn man dabei beharrt, *Copernicus* System nicht annehmen zu wollen. Auch verschwand es bereits vor *Keplers*, seines Zeitgenossen, Entdeckungen, und gegenwärtig hat es überhaupt nur noch historische Wichtigkeit.

§. 36.

Die Einwürfe, welche man dem *Copernicani*schen System entgegengestellt hat, sind freilich zum Theil von der Art, dass sie in sich selbst zusammenfallen und jeder Erwähnung gänzlich unwerth sind. Andre hingegen gehören nicht in diese Kategorie, und wenn sie auch jetzt alle vollständig gehoben sind, so hatten sie doch früher mehr oder weniger den Schein für sich und durften nicht unbeachtet bleiben: sie mögen also auch hier dienen, den Gegenstand in sein rechtes Licht zu setzen.

„Die Erde, sagte *Tycho*, ist eine grobe, schwere und zur Bewegung ungeschickte Masse; wie kann nun *Copernicus* einen Stern daraus machen und ihn in den Lüften herumführen?“ Allein sind denn etwa die Sonne und die Planeten, von denen *Tycho* selbst zugeben muss, dass sie zum Theil viel

grösser als die Erde sind; sind die Fixsterne, deren Massen — wie wir jetzt, mit Bestimmtheit wissen — bei mehreren derselben die Sonnenmasse weit übertreffen, zur Bewegung geschickter, und ist eine millionenmal schnellere Bewegung leichter begreiflich als die einfache der Bewegung um die Sonne und um ihre Axe? Denn wenn letztere in einer Sekunde 1400 Fuss beträgt, so müsste die der Sonne eben so viele Meilen, die der Fixsterne aber mindestens eben so viele Millionen Meilen in einer Sekunde betragen bei der Annahme, dass sie in 24 Stunden um die Erde liefen.

„Wenn man, sagt *Tycho* ferner, von der Höhe eines Thurmes oder Mastbaumes einen Stein herabwirft, so könnte dieser nicht am Fusse desselben niederfallen, wenn die Erde sich inzwischen bewegt hat, sondern er müsste um so viele Fuss westlich niederfallen, als die Erde inzwischen von Westen nach Osten sich um ihre Axe bewegt hat."

Dieser Einwurf wäre ganz richtig wenn die Erde erst in dem Augenblicke, wo der Stein losgelassen ward, sich um ihre Axe zu bewegen angefangen hätte. Da sie aber fortwährend, vor, während und nachher, in dieser Bewegung begriffen ist, so sind es auch alle zu ihr gehörigen Körper, folglich auch die Hand welche den Stein hält, und dieser selbst. Eine einmal stattfindende Bewegung aber wird dadurch nicht aufgehoben, dass eine zweite hinzutritt (wie man dies z. B. an jeder Billardkugel sehen kann), sondern beide Bewegungen setzen sich gemeinschaftlich fort, und so muss allerdings der Stein am Fusse des Thurmes niederfallen. Ein direktes Beispiel dieser Art giebt uns ein segelndes Schiff, auf welches man von der Spitze des Mastes irgend etwas herabwirft. Geht die Bewegung des Schiffs gleichmässig vor sich, so wird auch gewiss der herabgeworfene Körper am Fusse des Mastes niederfallen. Einen ähnlichen Versuch kann Jeder auf einem fahrenden Wagen machen.

Bei genauer Betrachtung zeigt sich sogar, dass das Gegentheil von dem erfolgen muss, was *Tycho* erwartet. Nämlich die Spitze des Thurmes, von welcher der Körper herabfällt, hat im Laufe von 24 Stunden offenbar einen grössern Kreis zu beschreiben als der Fuss desselben, und wird sich also schneller bewegen. Diese schnellere Bewegung wird natürlich noch dem Steine im Augenblicke des Herabfallens eigen sein, und er wird vermöge derselben nicht westlich, sondern östlich niederfallen, freilich nur um wenige Zolle und Linien, denn

4*

der Ueberschuss der Rotationsbewegung für die Thurmspitze kann innerhalb weniger Sekunden nicht bedeutend sein.

Es sind sorgfältige Versuche mit herabfallenden Kugeln im Michaelisthurm zu Hamburg und in den Schlebuscher Kohlenbergwerken von *Benzenberg* angestellt worden, welche deutlich eine östliche Abweichung gezeigt haben und folglich, statt einen Einwurf gegen *Copernicus* zu unterstützen, vielmehr einen direkten und schlagenden Beweis für die Axendrehung der Erde abgeben.

Tycho meinte ferner, die Erde müsse im *Copernican*ischen System, da die beiden Bewegungen der Rotation und des Umlaufes nach demselben nicht in der gleichen Ebene vor sich gingen, noch eine dritte Bewegung haben, vermöge deren ihre Axe beständig dieselbe Richtung behalte. Allein hier stehen ebenfalls Theorie und Erfahrung direkt entgegen, denn die Axe der Erde bleibt nothwendig unverändert in ihrer uranfänglichen Richtung, so lange keine fremde Kraft sie herauszieht. Man gebe einer Boussole die verschiedensten Stellungen und bewege sie nach allen nur möglichen Richtungen; die Nadel wird dennoch fortwährend nach Norden zeigen. Man lasse einen Kreisel auf einem Tische sich drehen, während man den Tisch aufhebt, fortträgt oder was immer für eine Bewegung mit demselben macht, der Kreisel wird — wofern er nicht etwa herabfällt — fortfahren sich um seine Spitze in derselben Richtung zu drehen. Eben so die Erdaxe.

Viele konnten ferner nicht begreifen, wie es möglich sei, dass man sich wechselsweise unten und oben befinde ohne um- und endlich gar herabzufallen; und dass man überhaupt von den Bewegungen der Erde nichts wahrnehme. Allein der erste Einwurf fällt weg, wenn man an die Antipoden denkt, die ja auch weder um- noch herabfallen, sondern wie wir die Erde unter ihren Füssen, und den Himmel über ihren Häuptern haben. In der Gleichförmigkeit und Regelmässigkeit der Bewegung aber liegt der Grund, weshalb wir an derselben nichts wahrnehmen, so wenig als wir die Bewegung eines nicht schwankenden und in gleicher Schnelle und Richtung segelnden Schiffes an etwas anderm, als an den Gegenständen am Ufer, wahrnehmen können. Wäre es möglich dass die Bewegung der Erde plötzlich aufhörte, wir würden es augenblicklich nur zu sehr fühlen.

§. 37.

Der wichtigste und bedenklichste Einwurf jedoch, den auch

Copernicus nicht unterlassen hat sich selbst zu machen, und der nicht sowohl die tägliche Umdrehung, als den jährlichen Lauf der Erde um die Sonne betrifft, war der folgende: Wenn die Erde wechselsweise an verschiedenen Punkten des Raumes sich befindet, so muss daraus nicht nur bei den Planeten, wo die Beobachtung es ergiebt, sondern auch bei den Fixsternen eine periodische scheinbare Ortsveränderung wahrgenommen werden, von der gleichwohl die Beobachtungen nichts ergeben. Um diesen Einwurf in seiner ganzen Stärke zu übersehen, bedenke man, dass nach den neuesten Bestimmungen die Erde um 24000 ihrer Halbmesser (20,660,000 Meilen) von der Sonne entfernt sei, sie mithin ihren Ort im Verlauf von 6 Monaten um das Doppelte dieses Abstandes oder um 41320000 Meilen verändert hat, wenn *Copernicus* System das richtige ist. Stände nun z. B. ein Fixstern auch tausendmal weiter als die Sonne von uns ab, so müsste dennoch sein scheinbarer Ort, in Folge dieser Veränderung, um 7 Bogen Minuten innerhalb 6 Monaten sich geändert haben, gleichwohl konnte man eine solche oder selbst eine noch viel schwächere Parallaxe der Fixsterne durchaus nicht wahrnehmen. Es blieb *Copernicus* nichts übrig als anzunehmen, dass alle Fixsterne, selbst die uns am nächsten stehenden, noch viel weiter entfernt seien, so dass man die Ortsveränderung nicht wahrnehmen könne und nicht nur die Erde, sondern selbst die Erdbahn nach — *Aristarchs* Vorstellung — nur wie ein Punkt gegen die Fntfernun gder Fixsterne anzusehen sei. Eine solche Entfernung aber annehmen, das hiess dem Stolze des Erdbewohners, der sich und seinen Planeten für den Hauptzweck, ja für das Wichtigste der ganzen Schöpfung anzusehen sich gewöhnt hatte, eine noch viel tiefere Wunde schlagen, als die Erhebung der übrigen Planeten zu gleichem Range und Bedeutung mit der Erde ihm bereits geschlagen hatte.

Wenn daher die Bemühungen der Astronomen seit *Copernicus* unablässig und eifrig auf die Entdeckung einer solchen Parallaxe gerichtet waren, so lag hauptsächlich der Wunsch zum Grunde, auch diesen letzten Einwurf direkt zu heben, und einen von aller übrigen Theorie, ja selbst vom Gesetz der Schwere, unabhängigen Beweis für die Bewegung der Erde aufzustellen. Gleichwohl ist dies erst in den allerneuesten Zeiten in dem Maasse gelungen, dass die herausgebrachten Parallaxen als bestimmte (wenn gleich wie alle durch Beobachtung ermittelten Werthe zwischen gewissen Grenzen schwan-

kende) Grössen betrachtet werden können. Im Abschnitt von den Fixsternen wird hierüber das Nähere gesagt werden: hier genüge die Bemerkung, dass *Bessel* an dem Fixsterne 61 Cygni, und *Struve* an α Lyrae auf's entschiedenste eine wirkliche jährliche Parallaxe beobachtet haben, und folglich auch die Bewegung der Erde ohne Zuziehung irgend einer Theorie unmittelbar dadurch dargethan worden ist.

Gewiss kann die Richtigkeit eines Systems nicht glänzender sich bewähren, als wenn es nicht nur die seinem Urheber schon bekannten, sondern auch alle durch spätere Forschung sich ergebenden Thatsachen ungezwungen erklärt. Keine einzige der wichtigen Entdeckungen nach *Copernicus* wurde gemacht, die nicht eine neue, vorher noch von Niemand geahnte, Bestätigung desselben abgab. Die Aberration des Lichtes, die grössere Länge des Sekundenpendels am Pole, die Abplattung der Erde, die Rotationen aller andern Weltkörper, die wir genau beobachten können, die aus dem Gesetz der Schwere folgende Allgemeinheit der Bewegungen und hundert andre Thatsachen sind sämmtlich vollgültige und unwiderlegliche Beweise, die *Copernicus* zu seiner Zeit nicht zu Gebot standen, und die gleichwohl nur durch sein System ihre befriedigende Erklärung finden.

§. 38.

Indess sollte und konnte das *Copernicani*sche System nicht mehr sein, als eine einfache und der Natur entsprechende Darstellung der wirklichen Bewegungen zur befriedigenden Erklärung der scheinbaren; auf die Ursachen dieser Bewegungen, auf die wirksamen Kräfte, liess es sich keineswegs ein und eben so verzichtete es auf eine genauere Bestimmung der Gestalt der Bahnen, welche erst spätere Zeiten geben konnten, da die beobachtende Astronomie der Abendländer zu *Copernicus* Zeiten sich noch in ihrer ersten Kindheit befand. So geschah es, dass *Kepler* an die Stelle des excentrischen Kreises später die Ellipse setzen und die Gesetze der Bewegung, so wie die Relation zwischen Entfernung und Umlaufszeit, festsetzen konnte; dass *Dörfel* auch den Kometen ihre Stelle im System anwies und dass endlich *Newton* der wichtige Schritt gelang, zu den Kräften selbst und dem einfachen Gesetz ihrer Wirkungen zu gelangen. Doch alle diese glänzenden Entdeckungen wurden nur möglich durch die sichere Grundlage, welche *Copernicus* gelegt hatte; sie konnten nicht hervorgehen aus Systemen, welche am Scheine klebend oder hergebrachte alte

Vorurtheile festhaltend, den Bedürfnissen des forschenden Geistes nicht genügten: sie sind unverträglich mit jedem andern als dem *Copernicani*schen, welches überhaupt mit der ganzen Astronomie steht und fällt und ohne welches wir auf jede Erklärung, wie auf jede wissenschaftlich begründete Vorherbestimmung, gänzlich verzichten müssten.

§. 39.

Um nach dem erwähnten Systeme den scheinbaren Lauf eines untern Planeten zu erklären, so sei Fig. 15. der kleinere Kreis die Bahn der Venus, der grössere die der Erde, und in S stehe die Sonne. Beide Planeten bewegen sich nach der Richtung wie die gezeichneten Pfeile zeigen. Sie sind in halbe Monate getheilt, so dass die Erdbahn 24 Theile, die Venusbahn dagegen 15 hat (der Umlauf der Venus beträgt genauer 224 Tage). Am 1. Januar stehe die Erde in dem mit diesem Datum bezeichneten Punkte Venus in 1, so erscheint sie links (östlich) von der Sonne. Letztere muss, wenn die Erde fortrückt, stets östlich zu rücken scheinen, Venus ebenfalls, wenn sie still stände. Sie ist aber am 1. Februar bis zu dem Punkte 3 fortgerückt und die Richtung von der Erde zur Venus geht zwar noch immer links von der Sonne vorbei, doch schon weniger als am 1. Januar. Am 15. Febr. steht Venus in 4, die Richtung von der Erde zur Venus ist fast dieselbe wie am 1 Febr., sie ist also scheinbar im Stillstande begriffen. Am 1. März ist die Richtung weiter rechts (westlich) als am 15. Februar, Venus erscheint also rückläufig, und bleibt es bis zum 15. März, wo sie etwa die Richtung wie am 1. Januar hat. Inzwischen hat sie am 1. März in derselben Richtung gestanden, welche verlängert auf die Sonne traf, und sie erscheint von jetzt an rechts von der Sonne. Vom 15. März bis 1. April ist wieder beiläufig Stillstand, weiterhin weichen die Richtungen wieder nach links ab und Venus ist also nun wieder rechtläufig, was sie auch, wie man aus der Figur sieht, nun eine geraume Zeit hindurch bleibt. Am 1. Januar des neuen Jahres geht die Richtung zur Venus abermals durch die Sonne, wie am 1. März, aber Venus steht jetzt hinter derselben. Von jetzt ab wird sie wieder links von der Sonne gesehen werden, und dies beiläufig eben so lange stattfinden, als vorher die nach rechts gewendete Richtung. Steht Venus links von der Sonne, so geht sie später auf und unter als diese, sie ist also nach Sonnenuntergang sichtbar und heisst Abendstern (Hesperus). Steht

sie rechts von ihr, so geht sie früher auf und unter, wird vor Sonnenaufgang gesehen und heisst Morgenstern (Lucifer). Der Winkel Sonne Erde Venus (SEV) heisst der Elongationswinkel, er ist am grössten, wenn gleichzeitig der Winkel SVE ein rechter ist. Die Lage vom 1. März (die gerade Linie EVS) bezeichnet man als untere Conjunction, die gerade Linie ESV dagegen als obere Conjunction. In beiden Conjunctionen ist Venus unsichtbar. Die westlichen Elongationen finden statt, wenn Venus auf dem Wege von der untern Conjunction zur obern sich befindet, die östlichen dagegen, während sie von der obern nach der untern fortrückt.

§. 40.

In gleicher Art erklären sich auch die wechselnden Lichtgestalten und die veränderliche Grösse der Venus. Wir sehen einen Weltkörper voll erleuchtet, wenn wir ihn aus derselben Richtung her betrachten, von welcher ihn die Sonne bescheint. Wir haben seine ganze dunkle Seite vor uns, wenn er in gerader Linie zwischen uns und der Sonne steht. In allen andern Fällen aber sehen wir einen grössern oder geringern Theil der Scheibe erleuchtet, während das Uebrige in Nacht liegt und uns also in der Regel unsichtbar ist. — Es sei (Fig. 16.) der äussere Kreis die Erd-, der innere die Venusbahn, so wird die in E stehende Erde, wenn Venus in V^1 (untere Conjunction) steht, ihre Nachtseite vor sich haben, folglich nichts von ihr sehen. Steht sie in V^2 (Morgenstern) so erblickt die Erde die Hälfte der erleuchteten und die Hälfte der dunklen Seite, Venus erscheint also wie der Mond in seinem letzten Viertel. Steht sie in V^3 (obere Conjunction), so haben wir die volle Tagseite vor uns und würden Venus völlig rund erblicken, wenn es möglich wäre so nahe bei der Sonne vorüber irgend einen Himmelskörper zu sehen. In der Lage V^4 endlich (Abendstern) zeigt sich Venus abermals halb erleuchtet, und zwar so wie der Mond im ersten Viertel. — Zwischen V^2 und V^3, so wie zwischen V^3 und V^4 ist Venus mehr als halb, auf dem übrigen Theile des Weges hingegen weniger als halb erleuchtet, und in der Nähe von V^1, so weit sie noch überhaupt gesehen werden kann, sichelförmig.

Zugleich steht Venus in V^1 der Erde am nächsten, in V^3 am entferntesten; sie muss also dort den grössten, hier den kleinsten scheinbaren Durchmesser haben, und zwar muss der Durchmesser abnehmen, je mehr die Lichtgestalt zunimmt, und umgekehrt. Auch ist leicht ersichtlich, dass Venus

nie um Mitternacht (sehr hohe Breiten können eine Ausnahme machen) gesehen werden kann, und dass sie nie Morgen- und Abendstern zugleich ist. Deshalb hielt man im frühesten Alterthume Lucifer und Hesperus für zwei verschiedne Sterne.

Das hier beispielsweise von der Venus angeführte gilt auch, den Hauptmomenten nach, für Merkur, und würde für jeden andern unteren Planeten gelten, wenn es deren noch mehr gäbe. Eben so ist einleuchtend, dass die oben angesetzten Monate und Tage nur beispielweise zu verstehen sind, und der Kürze wegen gewählt wurden.

§. 41.

Den scheinbaren Lauf der Sonne betreffend, so sieht man leicht, dass wenn man die 24stündige Bewegung einer Rotation der Erde um ihre Axe zuschreibt, nur eine von W nach O fortschreitende der Sonne übrig bleibt, welche eben so gut durch eine jährliche Bewegung der Erde um die ruhende Sonne, als umgekehrt, erklärt werden kann. Man kannte schon den Umstand, dass die Sonne im Winter (der Nordhalbkugel) grösser erscheine als im Sommer, woraus eine veränderliche Entfernung beider Körper und folglich eine excentrische Bahn nothwendig folgte; die Annahme eines excentrischen Kreises konnte damals noch nicht direkt durch Beobachtungen berichtigt werden, denn die Ellipsen, in denen die Planeten (und namentlich die Erde) wirklich um die Sonne laufen, sind von einem exentrischen Kreise ungemein wenig verschieden.

Eine Folge der beiden Bewegungen der Erde ist auch der Unterschied zwischen Sonnentag und Sterntag. Sei (Fig. 17.) die Sonne in S, und T T′ der Theil der Erdbahn, den die Erde in einem Tage durchläuft. Steht sie in T, so ist a ein Punkt des Erdumfanges, der die Sonne im Mittag hat. Wenn er während des Fortrückens der Erde wieder in die der vorigen parellelen Lage T′a′ gekommen ist, so hat die Erde eine Umdrehung um ihre Axe vollendet; alle ihre Theile haben wieder dieselbe Lage gegen den Himmel wie in T, und alle Gestirne, die so weit abstehen, dass der Bogen T T′ für sie unmerklich ist (also namentlich alle Fixsterne) werden wieder nach denselben Richtungen wie von T aus gesehen: es ist also ein Sterntag verflossen. Allein die von der Erdbahn umschlossene Sonne wird von a′ aus nicht im Meridian gesehen, der Punkt muss vielmehr, ausser der bereits vollendeten Rotation, noch den Bogen a b zurücklegen. Der Sonnentag (die Zeit von einem Meridiandurchgange zum andern) ist

also länger als der Sterntag, und zwar um die Zeit, in welcher der Bogen a b von der rotirenden Erde zurückgelegt wird. Diese Zeit sei z, die wahre Umdrehungszeit der Erde r, so ist r zugleich die Länge des Sterntages, r + z aber die des Sonnentages. Theilt man letztern in 24 Stunden, so kommen auf erstern nur 23^h $56'$.., wird dagegen der Sterntag in 24 Stunden getheilt, so hat der Sonnentag 24^h $3'$.. Eine Pendeluhr, welche nach Sternzeit geht, muss also etwas (um $1/_{365}$ des Ganzen) schneller schlagen als eine nach Sonnenzeit gehende.

§. 42.

Wäre der Bogen a b stets von gleicher Grösse, so würde (da die Umdrehungszeit selbst vollkommen constant ist) auch r + z, die Länge des Sonnentages, in allen Jahreszeiten gleich sein. Allein man sieht leicht, dass a b grösser werden muss, wenn T T′ grösser wird, da der Winkel an T′ dem an S gleich ist. Bewegt sich also die Erde zu einer Zeit schneller in ihrer Bahn als zu einer andern, so wird auch z und folglich r + z sich verändern. Hierzu kommt noch, dass der Bogen a b ein Bogen des Aequators ist, die Erde aber sich in der Ekliptik um die Sonne bewegt. Wenn man aber Bogentheile eines grössten Kreises auf einen andern grössten Kreis (durch Normalen, die man auf letztern fällt) reducirt, so wird man nicht immer die gleiche Zahl von Graden in letzterm erhalten, sondern bald mehr (in den grössten Abständen beider Kreise) bald weniger (in ihren Durchschnittspunkten) was auf einem Globus, wo Aequator und Ekliptik verzeichnet und in Grade getheilt sind, leicht darthun kann. Aus beiden Gründen ist demnach z und mithin die Länge des Sonnentages veränderlich, und so unterscheidet man noch die wahre und mittlere Sonnenzeit*). Erstere ist die Zeit von einer Culmination der Sonne bis zur andern, und also wie wir oben gesehen haben, nicht durchaus gleichförmig: der wahre Sonnentag kann bis 30 Sekunden über oder unter 24 Stunden haben. Der mittlere Sonnentag hingegen ist die durchschnittliche Grösse aus sämmtlichen wahren Sonnentagen des Jahrs. Diese

*) Eigentlich kommt noch eine dritte Ursach hinzu: ist nämlich die Sonne entfernter, so braucht das Licht auch mehr Zeit um von ihr zu uns zu gelangen, wodurch sich alle Erscheinungen derselben und folglich auch die Culmination verspäten: doch ist der hieraus hervorgehende Unterschied sehr wenig erheblich.

mittlere Zeit ist der wahren zuweilen voraus, zuweilen hinter ihr zurück, und die Sonne culminirt nach ihr bald später, bald früher als um 12 Uhr; sie ist aber durchaus gleichförmig, und jede richtig gehende Taschen- oder Pendeluhr, sofern sie überhaupt auf Sonnenzeit gestellt ist, zeigt diese gleichförmige mittlere Zeit, wogegen Sonnenuhren ihrer Natur nach nur die sogenannte wahre zeigen können. Der Unterschied zwischen der wahren und mittlern Sonnenzeit heisst die Zeitgleichung; sie kann im Februar und November bis über 16 Minuten gehen, und muss an die Angaben der Sonnenuhren angebracht werden, um sie mit solchen zu vergleichen, welche mittlere Zeit zeigen.

In frühern Jahrhunderten rechnete man allgemein nach wahrer Zeit, da die künstlichen Werkzeuge, mit denen wir jetzt die Zeit messen, noch nicht vorhanden oder zu unvollkommen waren, und man deshalb mit Recht die Sonnenuhr vorzog. Seitdem aber die künstlichen Zeitmesser zu einer so grossen Vollkommenheit gebracht worden sind, können die höchstens Minuten angebenden Sonnenuhren mit ihnen nicht mehr concurriren, und deshalb wurde im Laufe des vorigen Jahrhunderts nach und nach in den meisten Städten Europa's die mittlere Zeit als Richtschnur der bürgerlichen Geschäfte eingeführt.

Die Sichtbarkeit der Fixsterne nach den verschiednen Jahreszeiten der Erde erklärt sich hieraus auf folgende Weise: Da man des starken Glanzes der Sonne wegen, mit freiem Auge am Tage die Fixsterne nicht sieht, so sind jederzeit nur diejenigen sichtbar, denen die Nachtseite der Erde zugewandt ist, während die, welche in gleicher oder doch nahe gleicher Richtung mit der Sonne stehen, für diese Zeit unsichtbar sind. Die Nachtseite der Erde aber ist im Laufe eines Jahres nach und nach allen Richtungen zugewendet und alle Fixsterne, welche nicht ganz unter dem Horizont eines Ortes bleiben, müssen also innerhalb 12 Monaten nach und nach gesehen werden. Noch näher stellt sich dieses allmäliche Sichtbarwerden andrer Fixsterne durch folgende Betrachtung heraus: Der Sterntag, also die Zeit von der Culmination irgend eines Fixsterns bis zur nächstfolgenden, ist nach dem Obigen etwa 4 Minuten kürzer, als der Sonnentag, d. h. als die Zeit von Mitternacht zu Mitternacht. Es culminire nun z. B. ein Fixstern am 1. Januar um Mitternacht (was gerade für den hellsten derselben, Sirius, fast ganz genau der Fall ist) so muss er nach 23 St. 56 Min., d. h. um 11 Uhr 56 Min. der näch-

sten Nacht abermals culminiren, und so in jeder folgenden um 4 Minuten früher. Nach Verlauf eines Monats wird er um 10 Uhr, am 1. März um 8 Uhr u. s. w. culminiren, und sein Auf- und Untergang wird sich um eben so viel verfrühen, so dass schon im Laufe des März seine Culmination und einige Monat später auch sein Untergang in den Tag selbst fällt, er folglich nicht mehr gesehen wird. — Inzwischen sind andre Sterne, die am 1. Januar in spätern Stunden durch den Meridian gingen, nach und nach ebenfalls früher heraufgekommen, und so sind nun an die Stelle der im Sonnenschein verschwundenen andre wieder sichtbar geworden, und man sieht leicht, dass dieser Cyclus genau die Periode eines Jahres haben, und innerhalb desselben alle uns überhaupt sichtbaren Fixsterne zu irgend einer Zeit um Mitternacht durch den Meridian gegangen sein, also in Opposition mit der Sonne gestanden haben müssen. — Dass dieser Cyclus wirklich vollständig stattfinde, lehrt übrigens auch die Erfahrung direkt, denn ein hinreichend lichtstarkes Fernrohr zeigt auch noch die am Tage statt findende Culminationen der hellern Sterne, und so kann man z. B. den Sirius am 1. Juli Mittags um 12 durch den Meridian gehen sehen, am 1. August um 10 Uhr Vormittags u. s. w. bis er wieder am 1. Octbr. um 6 Uhr Morgens, also vor Aufgang der Sonne, den Meridian passirt.

§. 43.

Die Erscheinungen, welche die obern Planeten uns darbieten, erklären sich auf ähnliche Weise. Sei (Fig. 18.) die Erde in E, Jupiter in I, die Sonne in S, so steht Jupiter in Conjunction mit der Sonne, d. h. er wird von der Erde aus nach derselben Richtung wie diese gesehen. Einen Monat später sind Jupiter und die Erde in die Punkte 1, und ersterer erscheint uns rechts von der Sonne, wird mithin in den Morgenstunden gesehen. Verbindet man die Punkte 2, 3 u. s. w. der Erd- und Jupitersbahn, so zeigt sich, dass Jupiter immer weiter rechts von der Sonne zu stehen kommt. In Bezug auf feste Punkte des Fixsternhimmels ist er indess östlich gerückt, denn bis zu der Linie 4 — 4 hin liegt jede folgende weiter links als die vorhergehende. Dagegen ist 5 — 5 schon parallel mit 4 — 4, zwischen beiden ist also scheinbarer Stillstand des Planeten, und von hier ab bis zur Linie 9 — 9, also reichlich 4 Monate hindurch, liegt jede folgende Richtung weiter rechts (westlich), der Planet ist also in diesem Theile seiner Bahn für den Anblick von der Erde aus rückläufig.

In die Mitte dieser Periode des Rücklaufens, etwa auf der Linie 7 — 7, steht der Planet der Sonne gerade gegenüber, er wird also um Mitternacht im Meridian gesehen und steht, wenn nicht die Breite eine Aenderung veranlasst, die ganze Nacht hindurch am Himmel: man nennt diese Lage Opposition. — Jenseit 9 — 9 wird der Planet wieder rechtläufig, denn jede folgende Linie liegt weiter nach links, und in 13 angekommen, steht Jupiter wieder, wie in der anfänglichen Lage, hinter der Sonne.

Machen Planet und Sonne an der Erde einen rechten Winkel, so nennt man diese Lage die Quadratur, und zwar je nach der Stellung des erstern die östliche oder westliche. Um die Quadratur herum können auch die obern Planeten uns einen kleinen Theil ihrer dunklen Halbkugel zuwenden; doch ist nur bei dem nächsten derselben, dem Mars, dies noch bemerkbar. Zugleich sieht man, dass jeder obere Planet in der Opposition der Erde am nächsten steht, in der Conjunction aber um den ganzen Durchmesser der Erde weiter.

Bezeichnet man einen obern Planet durch P, einen untern durch p, ferner durch S und E Sonne und Erde, so kann man sich folgendes Schema entwerfen:

Lage.	Benennung.	Bezeichnung.
P E S	Opposition.	☍
P S E	Conjunction.	☌
E P S	westliche Quadratur	□
P S E	östliche Quadratur	□
E p S	untere Conjunction.	☌
E S P	obere Conjuuction.	☌
E S	östliche Elongation.	—
E $_p$ S	westliche Elongation.	—

§. 44.

Der Ort, welchen ein Himmelskörper von der Sonne aus gesehen am Firmament einnimmt, und der für uns nur aus Berechnungen geschlossen werden kann, heisst sein heliocentrischer Ort und er ist für die um die Sonne laufenden Körper zugleich der wahre. Derjenige aber, den sie von der Erde aus gesehen einnehmen, heisst der geocentrische, und so kann man jeden Himmelskörper in Gedanken zum Standpunkte

der Betrachtung machen, wodurch man selenocentrische, jovicentrische u. a. Oerter der Weltkörper erhält. — Die Zeit, innerhalb welcher die um die Sonne laufenden Körper zu ihrem vorigen heliocentrischen Orte zurückkehren, nennt man den periodischen Umlauf, oder noch genauer den siderischen, um ihn vom tropischen (wovon nachher) zu unterscheiden. Diejenige Zeit aber, innerhalb deren der Planet wieder zu derselben Stellung gegen Erde und Sonne zurückkehrt, also z. B. die Zeit von einer Opposition zur nächstfolgenden, heisst seine synodische Umlaufszeit, und diese letztre ist das direkte Resultat der Beobachtungen, während die periodische aus der synodischen, mit Zuziehung der bekannten Dauer des Erdjahres, berechnet wird. Auch auf den Mond der Erde, so wie auf die Mondsysteme der Planeten, finden diese Benennungen Anwendung. — Die hauptsächlichste praktische Aufgabe der Astronomie besteht nun darin zuerst, aus den beobachteten geocentrischen Oertern eines Himmelskörpers die Bestimmungsstücke (Elemente) seiner Bahn zu finden. Aus diesen Elementen lassen sich sodann für irgend eine verlangte Zeit seine heliocentrischen Oerter ableiten; und da man auf ähnliche Weise auch die gegenseitige Lage der Erde und Sonne für dieselbe Zeit erhält, so kann man endlich aus beiden den geocentrischen Ort des Himmelskörpers finden, folglich seine Erscheinungen vorausbestimmen. Sei (Fig. 19.) in S die Sonne, E ein Punkt der Erdbahn, P ein Punkt in der Bahn eines Planeten, und man habe aus den Elementen der Planetenbahn gefunden, dass zu einer gegebenen Zeit t der Planet von der Sonne aus gesehen die Richtung SP haben werde, so wie aus den Elementen der Erdbahn, dass zu gleicher Zeit SE die Richtung sein werde in welcher die Sonne die Erde erblickt, ferner sei die Grösse der beiden Linien SP und EP, oder doch ihr Verhältniss zu einander; aus denselben Elementen bekannt, so hat man im Dreieck ESP

die Seite SE
die Seite SP
den Winkel ESP

woraus man nach bekannten trigonometrischen Regeln die Entfernung EP so wie die Richtung dieser Linie ableiten kann. So einfach wie hier, stellt sich die Aufgabe allerdings in der Wirklichkeit nicht, denn wir haben hier stillschweigend beide Körper, die Erde und den Planeten, als in derselben Ebene sich bewegend angenommen; dies ist aber bei keinem der uns

bekannten Weltkörper der Fall und man wird also nicht mit der Auflösung eines einfachen Dreiecks ausreichen, sondern die Neigung der beiden Bahnen und den Ort ihres gemeinschaftlichen Knotens in Betracht zu ziehen haben.

§. 45.

Es ist bereits erwähnt worden, dass das *Copernicani*sche System nicht blos dasjenige, was zur Zeit seines Urhebers als Aufgabe vorlag, einfach und vollständig erklärte, sondern dass auch alle später gemachten Wahrnehmungen und Entdeckungen, von denen man damals noch nichts ahnte noch ahnen konnte, sich eben so ungezwungen und folgerecht aus ihm darstellen liessen. Dies ist namentlich der Fall mit den Kometen, die man zu *Copernicus* Zeit noch kaum für Weltkörper hielt, sondern häufig für blosse Lufterscheinungen ansah. Nachdem gegen Ende des 17. Jahrhunderts die Gestalt der Kometenbahnen zuerst richtig erkannt war, zeigte sich auch sogleich, dass dieselben Gesetze der Bewegung auch für sie stattfanden, und dasselbe System, welches den scheinbaren Lauf der Planeten so glücklich erklärt hatte, sich auch für diese Himmelskörper als nothwendig heraustellte.

Es wird also zweckmässig sein, in diesem und den folgenden Abschnitten von andern als dem *Copernicani*schen System keine Notiz mehr zu nehmen, da es genügen muss, den Irrthum als solchen einfach widerlegt zu haben. Bei allen nachfolgenden Entwickelungen wird demnach die Bewegung der Erde um die Sonne und gleichzeitig um ihre Axe als erwiesen vorausgesetzt und angewandt werden. Uebrigens wird Jeder, der den Zustand der heutigen Wissenschaft in's Auge fasst, und im Allgemeinen mit den an sie gestellten Forderungen bekannt ist, leicht einsehen, dass ein Astronom der Gegenwart auf kein andres System, und wäre es auch nur versuchsweise, eingehen kann.

§. 46.

Die Bahn des Mondes um die Erde, und mit dieser zugleich um die Sonne, bietet uns merkwürdige obgleich allbekannte Erscheinungen, die wir unter zwei Rubriken: Phasen und Finsternisse, zusammenfassen wollen.

Wir wollen zuerst die Bahn des Mondes isolirt betrachten und von der gleichzeitigen Bewegung der Erde ganz absehen. Es sei (Fig. 20.) die Sonne in S, die Erde in T, so dass (da die Rotation der Erde von a durch b nach c herum erfolgt) a die Abend- b die Mitternachts- und c die Morgen-

seite der Erde ist, und auf der andern Seite von c durch d nach a herum Tag stattfindet. Die Bahn 1 2 3 4 sei die Mondbahn, so wird die Erde den Mond in 1 gar nicht erblikken, da er ihr nur seine dunkle Seite zuwendet. Er würde übrigens, auch wenn er unter diesen Umständen wahrgenommen werden könnte, doch nur von Morgen bis Abend gesehen werden, wie die Figur zeigt. Ist er bis 2 herumgerückt, so sieht man ihn auf der Erde von d bis b herum, d. h. von Mittag bis Mitternacht, folglich am besten Abends. Er wendet uns die Hälfte seiner dunklen und die Hälfte seiner hellen Seite zu; letztere erscheint rechts und der Mond hat also diese Gestalt D. Von der Erde aus gesehen erscheint er links von der Sonne, also am westlichen Himmel, wenn die Sonne untergegangen ist. — Rückt er bis 3, so wird er auf der Erde von a durch b bis c herum, d. h. die ganze Nacht hindurch, wahrgenommen, um Mitternacht am besten. Zugleich wendet er uns seine volle Tagseite zu. Rückt er bis 4, so wird er von b bis d herum, also von Mitternacht bis zum Mittag, gesehen. Er erscheint rechts, also östlich, von der Sonne, also vor ihrem Aufgange am Osthimmel, wendet uns eine Hälfte seiner erleuchteten und eine Hälfte seiner dunklen Seite zu und bildet diese Figur ☾.
Rückt er endlich wieder in die Lage 1, so ist sein Umlauf vollendet und die Folge der Erscheinungen beginnt von neuem.

Die Lage 1 heisst der Neumond, 2 die erste Quadratur (erste Viertel), 3 der Vollmond, 4 die letzte Quadratur. 1 und 3 heissen auch zusammen die Syzigien. — Zwischen den hierangenommenen 4 Hauptlagen bildet er Uebergangsfiguren, z. B. zwischen 1 und 2, so wie zwischen 4 und 1 eine mehr oder minder schmale Sichel, und eben so rücken die Zeiten seiner Sichtbarkeit allmälich weiter vor, täglich um etwa 50 Minuten im Durchschnitt.

Auch der unerleuchtete Theil des Mondes kann unter günstigen Umständen einigermassen sichtbar werden. In der Lage m wird, wie man sieht, nur ein geringer Theil der erleuchteten Hälfte als schmale Sichel wahrgenommen, das Uebrige aber, da es fast die volle Tagseite der Erde gegenüber hat, wird von dieser erleuchtet, und so schwach auch diese Lichtspendung, verglichen mit der, welche Mond und Erde der Sonne verdanken, immerhin sein mag, so ist sie doch wie die Erfahrung lehrt, hinreichend aus diesem dunklen Theil in einem matten, aschfarbnen, jedoch vom Himmelsgrunde noch deutlich zu unterscheidenden Lichte wahrzunehmen. Aehnliches findet auf

der entgegengesetzten Seite zwischen 4 und 1 statt, und im Fernrohr nimmt man die Spuren dieses Erdenlichts noch länger, selbst noch über die erste Quadratur hinaus, deutlich wahr.

Dadurch dass die Erde gleichzeitig in ihrer Bahn um die Sonne, vom Monde begleitet, fortrückt, erleidet die Art und Aufeinanderfolge der Erscheinungen im Wesentlichen keine Veränderung und nur die Periode derselben wird etwas verlängert, aus einem ähnlichen Grunde wie der Sonnentag im Vergleich zum Sterntage. — Sei (Fig. 21.) abermals S die Sonne, T die Erde, und der Mond stehe als Neumond in a. Während die Erde von T nach T′ rückt, ist der mit ihr fortrückende Mond auf seiner Bahn um die Erde von a herum bis a′ gekommen, so wird, da die Richtung T′a′ parallel der T a ist, der Mond einen wahren vollen Umlauf, in Bezug auf einen festen Punkt des Himmels, zurückgelegt haben, allein der Neumond tritt in dieser Lage noch nicht ein, da die Richtung zur Sonne jetzt verändert ist. Der Mond muss vielmehr noch das Stück a′b über seinen vollen Umlauf zurücklegen, um wieder in die gerade Linie zwischen Erde und Sonne zu rücken, in welcher er sich in a befand. Sei t die Zeit, welche der Mond anwendet, um von a nach a′ herumzurücken, v hingegen die, in welcher er das Stück a′b zurücklegt, so ist t sein wahrer (periodischer oder vielmehr siderischer) Umlauf, t + v hingegen sein synodischer in Bezug auf die Sonne, der etwa 53 Stunden länger als jener ist. Wird die Bewegung der Erde rascher, so wird auch während eines Mondumlaufs der Winkel an S, und folglich der ihm gleiche an T′ grösser, das Stück a′b und mit ihm die Zeit v, folglich auch t + v, nehmen zu und der synodische Umlauf wird länger. Aus diesem Grunde können die Zwischenzeiten von einem Neumond zum andern im Januar 6 bis 8 Stunden länger sein als im Juli.

§. 47.

Bewegte sich der Mond stets in derselben Ebene, in welcher sich die Erde um die Sonne bewegt, und die wir uns hier als die Ebene des Papiers vorstellen können, so würde, da sowohl die Erde als der Mond (Fig. 22.) einen von der Sonne abgewendeten Schatten hinter sich werfen, jeder Vollmond in diesen Schatten rücken und jeder Neumond den seinigen auf die Erde (nämlich auf irgend einen Theil derselben) werfen müssen, d. h. es würde bei jedem Vollmonde, oder richtiger statt desselben, eine Mondfinsterniss, und bei jedem Neumonde eine Erdfinsterniss (Sonnenfinsterniss) eintreten müssen. Man

denke sich aber die Mondbahn schräg gegen die Erdbahn gestellt, so dass in der Figur eine Hälfte der Bahn (etwa der Bogen K V K′) sich über die Fläche des Papiers erhebt, die andre Hälfte hingegen sich unter diese herabsenkt, so sieht man leicht, dass der volle Mond gar wohl nördlich (über) oder südlich (unter) dem Schatten hinwegrücken und so unverfinstert bleiben kann, und dass eben sowohl auch der Neumond seinen Schatten über den Nordpol oder den Südpol der Erde hinwegwerfen kann, ohne dass er diese berühre. Die eine wie die andre Art der Finsternisse wird demnach nur eintreten, wenn der Neu- oder Vollmond in einem der Punkte K und K′, den Knotenpunkten der Bahn, oder doch diesen so nahe eintritt, dass seine nördliche oder südliche Breite geringer ist als sein von der Erde aus gesehener Halbmesser, vermehrt um den Halbmesser des Schattens. Die meisten Voll- und Neumonde gehen demnach vorüber, ohne eine Finsterniss zu veranlassen; nur etwa $^1/_5$ derselben sind von einer solchen begleitet.

§. 48.

Wären die Bahnen der Planeten u. s. w. wirkliche concentrische und in derselben Ebene liegende Kreise, so würden nur 3 Elemente nöthig sein, um ihren Lauf vollständig zu berechnen, nämlich die Zeit des Umlaufs, der Abstand von der Sonne und der Ort, den sie in irgend einer als Anfangspunkt der Berechnung gesetzten Epoche eingenommen haben; letzterer in Graden der heliocentrischen Länge ausgedrückt. In der astronomischen Praxis würden sich sogar diese drei Elemente, sobald sie für einen der umlaufenden Körper gegeben sind, für alle übrigen auf zwei reduciren, da wie wir später sehen werden, der Abstand und die Umlaufszeit von einander abhängen und die Beobachtungen also nur eine dieser beiden Grössen, nebst der Epoche, anzugeben brauchten. Allein die obige Voraussetzung findet nirgend statt, sie kann nur in einzelnen Fällen, wenn die Beobachtungen noch nicht zahlreich und genau genug sind, als erster Annäherungsversuch gelten und man muss also sowohl eine Abweichung von der Kreisgestalt, als eine Neigung der Bahn in die Rechnung mit aufnehmen.

Die Abweichung von der kreisförmigen Bahn führt uns zunächst auf eine Ellipse, und wir werden weiterhin sehen, dass diese Form der Bahn in der Wirklichkeit am häufigsten, ja vielleicht selbst ausschliesslich, vorkommt. In einer Ellipse

ABPD (Fig. 23.) haben wir eine grosse Axe AP und eine kleine BD als längsten und kürzesten sich im Mittelpunkte rechtwinklicht schneidenden Durchmesser. In der grossen Axe liegen zwei Brennpunkte S und S′, so dass der Abstand SD (oder S′D) der halben grossen Axe PC gleich ist.

In einem dieser Brennpunkte S steht bei den Bahnen der Planeten etc. die Sonne, oder überhaupt der Centralkörper; folglich steht der Planet in P der Sonne am nächsten (Perihelium, Sonnennähe) und in A am entferntesten (Aphelium, Sonnenferne). Der Abstand SC heisst die Excentricität, und sie wird gewöhnlich so ausgedrückt, dass CP die Einheit für sie bildet. Auch kann man statt der Linie SC den Winkel SDC (Excentricitätswinkel) setzen, dessen Sinus SC ist, wenn $CP = SD$ als Radius gesetzt wird, der auch zugleich den mittlern Abstand des Körpers von der Sonne bildet, da $SD = \frac{1}{2}(PS + AS)$ ist.

In der elliptischen Bahn muss also das, was wir vorhin als (gleichbleibenden) Abstand bezeichneten, genauer als mittlerer Abstand (halbe grosse Axe) gesetzt werden, und ausserdem treten noch zwei neue zu bestimmende Elemente hinzu, die Excentricität und die Richtung (heliocentrische Länge) der Linie SP, was man unter Länge des Perihels begreift. Dies gäbe also schon fünf, oder nach obiger Beschränkung, vier Elemente der Bahn.

Die Lage der Ebene, in welcher die Ellipse beschrieben wird, erfordert ebenfalls Berücksichtigung.

Man denke sich die Ebene des Papiers als die der Ekliptik, oberhalb derselben sei die Nord-, unterhalb die Südseite. Der Planet durchschneide diese Ebene in ☊, so ist ☊AD☋ diejenige Hälfte der Bahn, in welcher er nördlich, ☋PB☊ hingegen die, in welcher er südlich von der Ekliptik steht. Es ist also der Winkel zu bestimmen, unter welchem die Bahn die Ekliptik schneidet, so wie die Richtung der Linie ☊☋. Erstere bezeichnet man als Neigung der Bahn, letztere als Ort (Länge) des aufsteigenden Knotens. Dadurch würden abermals zwei neue Elemente eingeführt, deren Bestimmung erst die Bahnberechnung vollständig macht.

Genau genommen, wird auch noch die Masse des Planeten, wenigstens ihr Verhältniss zur Masse der Sonne erfordert, weil nur unter Voraussetzung dieser Kenntniss der mittlere Abstand aus der Umlaufzeit und umgekehrt, mit aller er-

forderlichen Genauigkeit, geschlossen werden kann, was weiterhin deutlich werden wird.

Hiernach lässt sich folgende Uebersicht der Planetenelemente (oder auch für Bahnelemente überhaupt, da auch die Elemente der Kometenbahnen theoretisch dieselben sind und nur in der astronomischen Praxis eine gleichsam nothgedrungene Modification erleiden) aufstellen:

1. die Epoche (die mittlere Länge für eine feste Anfangszeit); gewöhnlich bezeichnet durch m
2. die halbe grosse Axe (und die davon abhängende Umlaufszeit); a
3. die Excentricität, oder statt derselben der Winkel, dessen Sinus sie bildet; e (φ)
4. die Länge des Periheliums
5. die Länge des aufsteigenden Knotens } beide vom Frühlings-Nachtgleichenpunkte an gezählt { π, ☊
6. die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik i

 wozu noch der Strenge nach gehört

8. die Masse des Planeten μ.

Wir werden diese Bezeichnungen von jetzt ab, stets in der angegebenen Bedeutung beibehalten, um zu häufige Wiederholungen zu vermeiden.

Da der Abstand des Planeten von der Sonne in der Ellipse veränderlich ist, so kann man ihn nicht, wie im Kreise, schlechtweg als Halbmesser bezeichnen, man hat für diese veränderliche Grösse den Namen Radius Vector eingeführt und bezeichnet sie gewöhnlich mit ϱ. Die heliocentrische Länge für eine gegebene Zeit heisst λ, die Breite β, und die entsprechenden geocentrischen Grössen r, l, b. Wird nun der Abstand der Sonne von der Erde durch R, ihre Länge durch L bezeichnet, so lässt sich die Hauptaufgabe des rechnenden Astronomen auf folgende Weise zusammenfassen.

1. Aus den Beobachtungen die Elemente m, a, e, π, ☊, i und erforderlichen Falls auch μ zu bestimmen.
2. Aus diesen Elementen für eine gegebene Zeit T den heliocentrischen Ort, also ϱ, λ, β, zu finden.
3. In gleicher Art aus den Elementen der Erdbahn R und L zu finden. (Auch die Breite der Sonne B, die wie wir weiterhin sehen werden, nicht gänzlich Null ist, kann berücksichtigt werden.

4. Aus ϱ, λ, β mit Zuziehung von R, L, B die geocentrischen Oerter r, l, b zu bestimmen.
5. Aus den so berechneten geocentrischen Oertern die besondern Erscheinungen. (Auf- und Untergang, Culmination, Zusammenkünfte, Bedeckungen, Vorübergänge, Finsternisse u. s. w., so wie die Veränderungen der scheinbaren Grösse und des Glanzes, abzuleiten.

§. 49.

Ausser den Bahnen der Weltkörper können aber auch sie selbst nach ihrer Grösse, Gestalt, sonstigen physischen Verhältnisse u. s. w. besonders aber nach ihrer Rotation, Gegenstand der beobachtenden und rechnenden Astronomie sein. Die letztere Aufgabe hat eine Aehnlichkeit mit der Bestimmung der Bahn, mit dem Unterschiede jedoch, dass man hier nicht mit veränderlichen Abständen vom Mittelpunkte zu thun hat, da die Rotationsbewegung jedes Punktes, die Gestalt des Weltkörpers sei, welche sie wolle, nothwendig ein Kreis ist. Es kommt darauf an, einen sich hinreichend unterscheidenden Fleck auf der Oberfläche eines Planeten, der Sonne oder des Mondes so oft als möglich, mindestens 3mal, mit den Rändern des Planeten zu vergleichen, d. h. den Abstand des Flecks von zweien oder mehreren bestimmten Standpunkten zu ermitteln, und aus diesen Beobachtungen muss entwickelt werden

1) die Länge }
2) die Breite } des gemessenen Punktes auf der Planetenkugel;
3) die Neigung des Planetenaequators gegen seine Bahn (oder gegen eine andre feste Ebene, z. B. die Erdbahn);
4) den aufsteigenden Knoten dieses Aequators in der Bahn;
5) die Umdrehungszeit.

Das letztere Element kann man auch, wenn man sehr lange fortgesetzte Beobachtungen desselben Flecks hat, unabhängig von den übrigen entwickeln, die überhaupt wegen der Kleinheit der Planetenscheiben nur schwer und mit geringer Genauigkeit zu erhalten sind. — Wir kennen erst bei wenigen Weltkörpern die Elemente der Rotation mit einiger Wahrscheinlichkeit.

Die Messungen der Grösse und Gestalt eines Weltkörpers sind eben so wie die entsprechenden Berechnungen, an sich sehr einfach, da man nur die aus den Bahnelementen bekannte Entfernung mit dem Sinus des scheinbaren Halbmessers zu multipliciren hat, um den wahren zu erhalten. Die

Schwierigkeit besteht nur darin, die scheinbare Grösse selbst mit einiger Genauigkeit zu ermitteln. Die meisten Weltkörper erscheinen der grossen Entfernung wegen so klein, dass sehr geringe Fehler der Messung schon äusserst beträchtliche im Resultat bewirken. So erscheint z B. Uranus, obgleich sein wahrer Durchmesser gegen 8000 Meilen beträgt, nur etwa 4 Sekunden gross. Ein Fehler von $^1/_5$ Sekunde (und mit solchen sind auch unsre allerfeinsten Messungen noch behaftet) bewirkt demnach 400 Meilen Fehler in der Bestimmung des wahren Durchmessers, und einen verhältnissmässig noch weit stärkern bei Bestimmung der Oberfläche und des körperlichen Inhalts.

In Bezug auf die Gestalt ist die praktische Frage gewöhnlich die, ob der Weltkörper eine genaue Kugelgestalt oder eine sphäroidische habe, und wie gross in letzterm Falle die Abplattung sei. Es hat sich bis jetzt ausser der Erde nur für 2 Planeten, Jupiter und Saturn, eine durch Beobachtungen merkliche Abplattung ergeben.

Eine der wichtigsten Bestimmungen ist die der Masse, doch kann hier von den Mitteln, durch welche sie erlangt wird, noch keine Vorstellung gegeben werden. Sie wird gewöhnlich in ihrem Verhältniss zur Sonnenmasse, welche die Einheit bildet, dargestellt; für Monden bildet die Masse des Planeten die Einheit.

Sind alle diese Bestimmungen aus den Beobachtungen gewonnen, so kann man aus ihnen weiter die Oberfläche, den körperlichen Inhalt, die mittlere Dichtigkeit, einigermassen sogar die Art ihrer Vertheilung im Innern des Weltkörpers, die Schwere (Fallhöhe) an seiner Oberfläche, die für verschiedne Punkte derselben sehr verschieden gefunden werden kann, die Länge des Sekundenpendels u. dgl. bestimmen. Die Stärke der Erleuchtung, die sich nach den verschiednen Abständen richtet, erhält man aus den Bahnelementen, die Rotationselemente, in Verbindung mit jenem, ergeben die Länge der Tage und Nächte für die verschiednen Zonen und Jahreszeiten, die Folge der Himmelserscheinungen, kurz alles Wesentliche was unsre Kalender angeben, und zwar alles dieses, innerhalb gewisser Genauigkeitsgrenzen mit mathematischer Gewissheit. — Weit schwieriger sind Fragen über Atmosphäre, Erwärmung u. dgl. die selbst im günstigsten Falle immer nur mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit beantwortet werden können, da man hier nicht mehr ganz auf mathemathischen Boden steht, und Analogien mit unsrer Erde nur sehr behutsam wagen darf. —

Noch weniger aber können wir aus unsern Beobachtungen direkte Schlüsse in Bezug auf Bewohner, Vegetationsverhältnisse und ähnliche Gegenstände ableiten: diese Conjecturen, wie scharfsinnig sie auch ausgedacht, wie anziehend sie auch dargestellt sein mögen, entbehren alles positiven Grundes und können nie einen wissenschaftlichen Werth in Anspruch nehmen.

Fünfter Abschnitt.

Gesetze der Bewegung, und Anwendung derselben.

§. 50.

Der wichtige Fortschritt, den die Astronomie durch Newton's grosse Entdeckungen machte, ist um so bewundernswürdiger, als ihm die frühre Zeit so gut als gar nicht vorgearbeitet hatte, wenn man zwei Grosse Geister ausnimmt — Copernicus und Kepler. Erstrer hatte, wie wir gesehen haben, die scheinbaren Bewegungen durch die wahren erklärt; der zweite stellte drei Gesetze auf, nach denen die Bewegungungen erfolgten, allein blos empirisch und ohne ihren innern Zusammenhang nachzuweisen. Die Kraft, welche den Grund aller dieser Bewegungen ertheilt, und aus der man folgerecht sie sämmtlich ableiten konnte, ahnte noch Niemand, und am wenigsten kam es irgend einem der frühern Naturphilosophen in den Sinn, sie in einer so einfachen und allbekannten Thatsache, im Falle der Körper, aufzusuchen. Und gleichwohl ist es dieselbe Ursach, vermöge welcher das Hagelkorn zur Erde fällt und Sonnen um Sonnen laufen, und der von Newton gegebene Ausdruck dieses Gesetzes ist der einfachste, den man sich vorstellen kann.

Jeder Körper übt auf jeden andern Körper eine anziehende Kraft aus, deren Quantität, d. h. die Grösse ihrer jedesmaligen Wirkung, sich direkt verhält wie die Masse des anziehenden Körpers und umgekehrt wie das Quadrat seines Abstandes.

Die Wirkung dieser Kraft ist bei einem ursprünglich ruhenden Körper der senkrechte Fall gegen das Centrum der Anziehung; bei einem ursprünglich in Bewegung befindlichen die Ablenkung von der geraden Richtung dieser Bewegung nach der Seite des anziehenden Körpers hin. — Im erstern Fall entsteht eine geradlinigte, sich stets beschleunigende Bewegung senkrecht, im zweiten eine Curve, welche für verschiedne Verhältnisse der Kraft und der ursprünglichen Bewegung eine verschiedne Form erhalten kann, jedoch stets ein Kegelschnitt*) werden muss, wie die höhere Analysis aus dem Gesetz der Schwere beweist, und wie es weiter unten wenigstens im Allgemeinen verdeutlicht werden soll.

Beide Bewegungsarten, die des freien Falles und die in Curven um den Centralkörper, sollen übrigens hier so betrachtet werden, als erlitten sie keine Hemmung oder Schwächung durch ein Medium, welches sie bei der Bewegung durchschneiden. Die Wirkung eines solchen Mediums ist Verlangsamerung der Bewegung, da ein Theil der Kraft, die ausserdem ganz zur Bewegung verwandt würde, auf Ueberwindung des Widerstandes, auf Verdrängung des Mediums aus der Bahn des Körpers, verwendet werden muss. Für den Fall der Körper auf der Erde tritt eine solche Verminderung durch die at-

*) Unter Kegelschnitten versteht man diejenigen Figuren, welche sich bilden, wenn man ihn (den Kegel) nach gewissen Richtungen durchschneidet. Sei A B C (Fig. 24.) dieser Kegel, also B C seine (kreisförmige) Grundfläche und A seine Spitze, und man durchschneide ihn nach der Richtung E D, parallel mit B C, so wird die Schnittfigur ein Kreis und E D sein Durchmesser. Durchschneidet man ihn in einer schrägen Richtung F G, doch so, dass der Schnitt beide Seiten des Kegels trifft, oder doch gehörig verlängert treffen würde, so entsteht eine Ellipse, deren grosse Axe F G ist. Ein Schnitt H K, parallel mit der einen Seite des Kegels und also auch bei der weitesten Verlängerung diese niemals treffend, giebt eine Parabel, deren grosse Axe wie sie selbst ins Unendliche fortläuft. Ein Schnitt L M endlich, der gegen beide Seiten des Kegels divergirt, und der über L hinaus verlängert, einen zweiten dem ersten gerade entgegengesetzten Kegel treffen würde, giebt eine Hyperbel, die aus 2 Curven besteht, deren Axen L M und L' M' beide ins Unendliche fortlaufen und einander congruent sind. — Ein Schnitt durch die Spitze würde das ebene Dreieck geben, was aber nicht in die Reihe der hier zu betrachtenden Kegelschnitte gehört.

mosphärische Luft ein; sie verhindert, dass hoch herabfallende Körper z. B. der aus den Wolken fallende Hagel nicht ihre volle Fallgeschwindigkeit behalten, sondern eine oft sehr beträchtliche Retardation erfahren. — Für die Bewegung der Weltkörper kannte man bisher kein solches Medium; in neuern Zeiten hat *Encke* ein solches als sehr wahrscheinlich nachgewiesen: doch ist nur erst bei einem einzigen Cometen seine Wirksamkeit erkannt worden. — In gegenwärtiger Betrachtung setzen wir vielmehr den Raum, in dem die Bewegungen vor sich gehen, als leer voraus.

Die anziehende Kraft selbst nannte *Newton* Schwerkraft (Attractions-, Gravitationskraft) und er gebraucht diese Benennungen als gleichbedeutende, verwahrt sich aber ausdrücklich gegen jede Folgerung, die man aus diesen Namen auf die innere Natur dieser Kraft ziehen möchte. Nicht dieses uns unbekannte innere Wesen derselben, sondern die Gesetze ihrer Wirkungen sind es, welche *Newton* aus einem einzigen obersten Prinzip folgerecht entwickelte und welche fortan die Grundlage der Astronomie ausmachen; ein Mehreres bedarf sie nicht.

Wenn daher von Solchen, welche gänzlich misskennend das wahre Ziel der Astronomie, dieses im metaphysischen Erörterungen über das Wesen der Grundkräfte setzten, von diesem Standpunkte aus Angriffe gegen *Newton* und sein System ausgegangen sind, so treffen sie gänzlich fehl. Man hat z. B. nach dem Bindemittel gefragt, welches die Attraction ermittle; man hat gesagt, Anziehung könne nur mit Haken und Seilen gedacht werden u. dgl. mehr. Mag man sich die Anziehung mit oder ohne Haken und Seile gedenken oder (wie der Verfasser) auf jede sinnliche Vorstellung derselben von vorn herein verzichten, dies alles ist der Astronomie gleichgültig.

§. 51.

Jede fortwährend wirksame Kraft setzt in jedem Augenblicke ihre Wirkung einen (unter übrigens gleichen Umständen gleichbleibenden) Theil hinzu, d. h. ihre Wirkung wird der Zeit proportional sein. Der fallende Körper z. B. fängt mit einer Bewegungsgeschwindigkeit an, die im ersten Moment selbst gleich Null gesetzt werden muss und die gleichförmig wächst. Nehmen wir an, dass er am Ende der ersten Sekunde eine durch v ausgedrückte Geschwindigkeit (die Sekunde als Einheit gesetzt) erlangt habe, so wird der in dieser Sekunde zurückgelegte Raum derselbe sein, den er mit der mittlern Geschwindigkeit $\frac{1}{2}v$ (das arithmetische Mittel zwi-

schen Null und v) beschrieben hätte, folglich mit der Zeit (1) multiplicirt, ebenfalls $= \frac{1}{2} v$. Die Zunahme der Fallgeschwindigkeit in der zweiten Sekunde, vom Anfang bis zu Ende derselben, ist von v bis $2v$, die mittlere folglich $1\frac{1}{2}v$; in der dritten geht sie von $2v$ bis $3v$, was für das Mittel $2\frac{1}{2}v$ giebt, und so fort bis sie in der n ten Sekunde das Mittel zwischen $(n-1)v$ und nv, also $(n-\frac{1}{2})v$ erreicht. Die in den einzelnen Sekunden zurückgelegten Räume 5 sind also

Sekunden:	1te	2te	3te	4te	5te	nte
Einzelne Fallräume	$\frac{1}{2}v$	$\frac{3}{2}v$	$\frac{5}{2}v$	$\frac{7}{2}v$	$\frac{9}{2}v$	$\frac{2n-1}{2}v$

und die Endgeschwindigkeit g, nach n Sekunden

$$g = nv.$$

Die Zähler der vorstehenden Brüche sind die Differenzen einer Reihe von Quadraten der natürlichen Zahlenfolge, summirt man sie successiv, so erhält man die vom Anfange der Bewegung an durchlaufenen ganzen Fallräume, wie folgt:

n in Sekunden:	1	2	3	4	5	. . .	n
Ganzer Fallraum am Ende der nten Sekunde	$\frac{1v}{2}$	$\frac{4v}{2}$	$\frac{9v}{2}$	$\frac{16v}{2}$	$\frac{25v}{2}$	. . .	$\frac{n^2v}{2}$

Hieraus gehen folgende Regeln hervor:

Bei gleichbleibender Schwerkraft verhalten sich die Fallgeschwindigkeiten direkt wie die Zeiten, und die ganzen Fällräume, von Anfang der Bewegung an, wie die Quadrate der Zeiten.

Die Grösse v die durch Versuche zu bestimmen ist, giebt uns also das Maass der Schwerkraft für eine gegebene Masse (hier die Masse der Erde) und eine gegebene Distanz (der Radiusvector des Erdspäroids). Sie kann durch direkte Fallversuche, wie sie am vollständigsten und genauesten *Benzenberg* angestellt hat, gefunden werden; mit grösserer Schärfe aber durch Pendelversuche, da zwischen der Länge eines Pendels, der Sekunden schlägt, und der Fallgeschwindigkeit v am Ende der ersten Sekunde, ein bestimmtes Verhältniss nachweisen lässt, wie sogleich gezeigt werden soll. Auf letzterm Wege hat *Bessel* (Untersuchungen über die Länge des Sekundenpendels, Berlin 1837) mit einem die höchste Genauigkeit gewährenden Pendelapparat die Grösse v, oder die Constante der Schwerkraft für Berlin, bestimmt auf

30,20754 Pariser F. $=$ 31′,2649 rheinländische F.

Die vorstehenden Gleichungen können also nun in bestimmten Zahlen ausgedrückt werden. Es ist, die obigen Bezeichnungen beibehalten,

$$g = 30{,}20754\ n$$
$$s = 15{,}10377\ n^2.$$

Ist die Endgeschwindigkeit g gegeben, so hat man s und n durch die Gleichungen

$$n = \frac{g}{v} = \frac{g}{30{,}20754}$$
$$s = \frac{g^2}{2v} = \frac{g^2}{60{,}41508}$$

und ist der ganze Fallraum s gegeben, so wird n und g gefunden durch

$$n = \sqrt{\frac{2\,s}{v}} = \sqrt{\frac{s}{15{,}10377}}$$
$$g = \sqrt{2\,v\,s} = \sqrt{60{,}41508.\ s}$$

Bei diesen Formeln ist, wie oben bemerkt, der Raum luftleer und die Schwerkraft selbst unveränderlich angenommen worden. Keine dieser beiden Voraussetzungen findet in der Wirklichlichkeit statt, die Luft veranlasst, wie schon bemerkt, eine bei grossen Fallräumen sehr beträchtliche Verminderung der normalen Geschwindigkeit; und da der Fall selbst die Entfernung des Körpers vom Mittelpunkte der Kraft vermindert, mit dem verminderten Abstande aber Zunahme der Schwerkraft verbunden ist, so muss auch dieser Umstand bei genauen Versuchen berücksichtigt werden. Eben deshalb können auch die obigen Zahlenwerthe, die statt v in die Formeln gesetzt worden sind, nur für Berlin gelten und müssen für andre Orte, die einen verschiednen Radius vector und also ein verschiednes v haben, demgemäss geändert werden.

Vergleicht man mit diesem Effect einer fortwährend wirkenden Kraft den einer blos augenblicklich wirksamen, z. B. eines Stosses, so wird man auf wesentlich verschiedne Verhältnisse kommen. Sei die durch den Stoss erhaltene Geschwindigkeit G, so wird sie in Folge des Beharrungsvermögens des Körpers unverändert bleiben, bis etwa ein Widerstand sie schwächt oder aufhebt, und die hervorgebrachte Bewegung wird innerhalb n Sekunden = n G sein. Hier ist also die Geschwindigkeit constant und die Bewegung der Zeit proportional, während bei der fortwirkenden Schwere die

Kraft constant, die Geschwindigkeit der Zeit und die Bewegung dem Quadrate der Zeit proportional ist.

§. 52.

Wenn der Körper auf einer wagerechten Ebene ruht, so kann natürlich die Schwerkraft sich als Attraktion nicht wirksam erweisen; befindet er sich aber auf einer (platten) geneigten Ebene, so kann sie noch einen Theil derjenigen Wirksamkeit ausüben, den sie beim freien Fall gehabt hätte; der Körper wird demzufolge herabrollen. Sei (Fig. 25.) A C eine gegen die Horizontalebene B C geneigte Fläche, und auf ihr ein Körper in D, der wenn er frei fallen könnte, in einer gegebenen Zeit die Höhe D F znrücklegen würde. Die Fläche aber gestattet ihm nur einen gegen C gerichteten Lauf zu nehmen. Man zerfälle die Linie D F nach dieser und einer darauf senkrechten Richtung, in die beiden Linien D E und E F, so ist E F derjenige Theil der Kraft, dessen Wirkung vernichtet wird, D E der wirksam bleibende, und der Körper wird also in der Zeit, wo der freie Fall ihn nach D F geführt hätte, nur die Linie D E zurücklegen, mithin seine Geschwindigkeit, wenn er im Punkte E ankommt, sich zu der, womit er in F angelangt wäre, ebenfalls nur wie D E : D F verhalten. Es ist aber $DE = DF \sin DFE$, und da in den beiden Dreiecken die Winkel von E und B rechte, die von D und A aber einander gleich sind, mithin die Dreiecke ähnlich und $\angle F = \angle C$, so ist auch $DE = DF \sin C$, mithin verhält sich die Geschwindigkeit in E zu der, welche der freie Fall in F hervorgebracht hatte, wie $\sin C : 1$.

Es durchfalle ein Körper, auf einer geneigten Ebene rollend, die Sehne C B (Fig. 26.) eines Kreises, dessen vertikaler Durchmesser A B ist, so wird seine Geschwindigkeit mit der er in B anlangt, zu der mit welcher er durch den senkrechten Fall von A aus in B angelangt wäre, nach dem Gesagten sich wie $\sin A : 1$ verhalten. Da nun das Verhältniss der Fallräume C B nnd A B ebenfalls das von $\sin A : 1$ ist, so verhalten sich hier die zu durchlaufenden Räume wie die Geschwindigkeiten, und müssen also gleichen Zeiten angehören.

Folglich braucht der Körper, um die Sehne C B im Falle auf einer geneigten Fläche zu durchlaufen, dieselbe Zeit, welche er gebraucht hätte, um frei durch den Durchmesser des Kreises zu fallen.

Unter den verschiednen Arten des nicht senkrechten Falles ist besonders die Bewegung des Pendels zu merken. Ein

Körper B (Fig. 27.) sei an dem freien Ende eines Fadens A B befestigt, und A sei der Aufhängungspunkt des Fadens, so wird er aus der Lage B, da der Faden ihn am freien Falle hindert, in die A C zu kommen streben, hier angelangt aber nicht still stehen, sondern mit der erlangten Geschwindigkeit weiter gehen und bis D schwingen, von D zurückkehren, durch C nach B gehen u. s. w. — Wenn das Gewicht des Fadens oder der Stange gleich Null ist, der Pendel sich im luftleeren Raume bewegt und so kleine Bogen beschreibt, dass ihre Abweichung von der geraden Linie unmerklich ist, so lässt sich in der höhern Mechanik folgender Satz beweisen:

Das Quadrat des Durchmessers eines Kreises verhält sich zum Quadrat der Peripherie desselben, wie die Länge des Sekundenpendels zur Constante der Schwerkraft, die Sekunde als Zeiteinheit gesetzt; oder auch wie die halbe Länge des Sekundenpendels zur Höhe des freien Falles in der ersten Sekunde.

Das angegebene Verhältniss ist das von $1:(3{,}14159265)^2 \ldots . = 1:9{,}869608$. Ist daher die gefundene Pendellänge $= P$, so ist die Constante der Schwerkraft

$$9{,}869608.\ P.$$

Die obigen Bedingungen sind uns direkt zu erfüllen nicht möglich; das einfache Pendel ist nur in der Vorstellung vorhanden, und man muss also die Pendelbeobachtungen durch Rechnung auf solche reduciren, wie sie durch ein einfaches Pendel, wäre ein solches möglich, erhalten worden wären. Uebrigens sieht man leicht, dass Pendelbeobachtungen unvergleichbar genauer ausfallen müssen als Beobachtungen des direkten Falles. Die sorgfältigsten und genauesten Beobachtungen des Pendels hat in neuerer Zeit *Bessel* an einem eigends construirten Apparat angestellt, und die erlangte Genauigkeit lässt im Resultat kaum noch einen Fehler von 1 Milliontheil des Ganzen befürchten. — Auch hat er Körper sehr verschiedner Art, selbst Meteoreisen und Meteorsteine, die möglicherweise nicht tellurischen Ursprungs sind, als Pendel schwingen lassen, allein das Resultat erhalten, dass die Schwerkraft (Anziehungskraft der Erde) für alle Körper von noch so verschiednem specifischen Gewicht durchaus die gleiche sei.

§. 53.

Entfernt man sich von der Erdoberfläche, so wird auch die Wirkung der Schwerkraft abnehmen, die Fallhöhe und mit ihr das Sekundenpendel werden also kürzer gefunden werden.

Eben dies wird aber auch geschehen, wenn man, ohne sich von der Oberfläche zu entfernen, sich auf der abgeplatteten Erde dem Aequator nähert, denn auf diese Weise wird ebenfalls die Entfernung vom Mittelpunkte der Erde zu-, folglich die Schwerewirkung abnehmen. Aus der (bekannt angenommenen) Figur der Erde würde man, wenn die Pendellänge für irgend einen Ort von bekannter Lage durch Beobachtungen ermittelt ist, die für alle andern geltenden Pendellängen durch Rechnung finden können, folglich kann man auch umgekekrt aus den an vielen Orten gefundenen Pendellängen auf die Figur der Erde schliessen.

Indess tritt noch ein Umstand ein, welcher die Verminderung der Schwerewirkung nach dem Aequator zu noch verstärkt. Der Umschwung der Erde um ihre Axe würde, wenn keine Schwere vorhanden wäre, zur Folge haben, dass alle auf ihr befindlichen und nicht mit ihr cohärenten Körper nach der Richtung der Tangente hinweggeschleudert, folglich von der Oberfläche entfernt würden, während die Schwerkraft diese Körper der Erde zu nähern strebt. Beide Wirkungen sind also einander entgegengesetzt, sie würden sich gegenseitig vernichten, wenn sie gleich gross wären. Die Schwerkraft überwiegt bei weitem, und das erwähnte Bestreben der Körper, sich von der Erde zu entfernen, kann sich demnach nicht wirklich äussern, gleichwohl muss ein Theil der Schwerkraft dazu verwandt werden, jene entgegengesetzte Bewegung zu vernichten, und nur der übrige Theil, also nicht die volle Schwerkraft, bewirkt den Fall der Körper. Die Rechnung zeigt, dass diese Verminderung unter dem Aequator $^1/_{289}$ der gesammten Wirkung beträgt und folglich $^{288}/_{289}$ als eigentlich wirksam übrig bleiben. Unter den Polen ist keine Umschwungsbewegung, also auch keine aus dieser Ursach hervorgehende Verminderung vorhanden, die Schwere unter dem Aequator verhält sich also, so weit dieser Umstand einwirkt, zu der unter den Polen wie $288 : 289$, und zu der unter der Polhöhe p stattfindenden wie $288 ; 289 - (\cos p)^2$.

Zu dieser durch Rotation veranlassten Verminderung kommt nur die durch den grössern Radius Vector bewirkte hinzu, und aus beiden Ursachen werden die Pendellängen am Aequator kleiner gefunden als in andern Breiten.

Wenn der Rotationsumschwung der Erde 17mal schneller wäre, so würde die Wirkung der Schwere unter dem Aequa-

tor ganz aufgehoben werden und unter andern Breiten p der Grösse (sin p)^2 proportional sein.

Die genauen Untersuchungen *Bessels* haben für Berlin (Magnetisches Observatorium der Sternwarte) eine Pendellänge von

440‴,7354 Pariser Linien

oder, auf den Horizont des Meeres reducirt, von

440‴,7389 Pariser Linien ergeben.

Die Beobachtungen an andern Erdorten stehen zwar an Genauigkeit und Sicherheit denen von *Bessel* in Berlin und Königsberg angestellten nach, indess bestätigen sie das durch direkte Nachsuchungen bestimmte Abplattungsverhältniss innerhalb der Grenze seiner Unsicherheit. Aus ihnen geht hervor, dass das einfache Sekundenpendel an den Polen eine Länge von

	441,562	Par. Linien,
und am Aequator von	439,258	„ „
was einen Unterschied von	2,304	„ „ ergiebt, welcher

bewirkt, dass eine Pendeluhr, die am Aequator einen richtigen Gang zeigt, an einen der beiden Pole transportirt eine tägliche Voreilung vom 3′43″ zeigen würde.

§. 54.

Bei diesen Pendelversuchen wird vorausgesetzt, dass der Erdkörper wo nicht Homogen (durchweg gleich dicht) doch in Bezug auf Dichtigkeit seiner einzelnen Theile symmetrisch geformt sei, dergestalt, dass dasselbe Gesetz der Dichtigkeitszu- oder Abnahme für alle Radienvectoren des Erdsphäroids gleich sei, wonach also gleichweit vom Mittelpunkt entfernte Schichten auch gleiche Dichtigkeit hätten. Allein schon die sehr unvollkommene Kenntniss, welche wir vom Innern der Erde haben, widerlegt diese Annahme, und Ungleichheiten dieser Art müssen sowohl auf die Pendelversuche als auf die Gradmessungen Einfluss haben.

Um hiervon sich eine allgemeine Vorstellung zu machen, so denke man sich an einer Stelle der Erdoberfläche eine Masse, welche die Dichtigkeit der die übrige Oberfläche bildenden Schichten um eine der gesammten Erddichtigkeit gleiche Grösse übertrifft und welche also, wenn d die mittlere Dichtigkeit an der Oberfläche, D die der Erde im Ganzen bezeichnet, durch D + d ausgedrückt wird. Ihr Volumen sei $= v$, das der gesammten Erde $=$ V; so ist es eben so gut, als wirke an dieser Stelle, ausser der Erdmasse V D (dem Produkt des Volumens und der Dichtigkeit, noch eine andre v D auf den Pendel (denn nur der Ueberschuss ihrer Dichtigkeit kann hier

besonders in Rechnung kommen). Der Radius vector der Erde an dieser Stelle sei R, der Entfernung des Schwerpunkts der Masse vom Schwerpunkt des Pendels r, so ist die Wirkung der Erdmasse der Grösse $\frac{VD}{R^2}$, die hinzugesetzte der Masse v D der Grösse $\frac{v\,D}{r\,2}$ proportional, oder beide verhalten sich wie

$$\frac{V}{R^2} : \frac{v}{r^2}.$$

Man setze nun, der grössern Einfachheit wegen, die Masse v D kugelförmig und ihren Radius gleichfalls r, so wird $v = {}^4/_3\,\pi.\,r^3$ (unter π die Zahl 3,14159 . . . verstanden) und V sehr nahe $= {}^4/_3\,\pi R^3$. Man kann also statt $\frac{V}{R^2} : \frac{v}{r^2}$ setzen

$$\frac{{}^4/_3 .\ \pi .\ R^3}{R^2} : \frac{{}^4/_3 .\ \pi .\ r^3}{r^2} = R : r.$$

Sei $R = 859\,{}^1/_2$ Meilen, $r = 196$ Par. Fuss, so wird die Wirkung der Masse $v\,D = {}^1/_{100000}$ der Wirkung der Erdmasse, was bei genauen Pendelversuchen nicht verborgen bleiben wird. Man sieht also, dass z. B. ein sehr eisenhaltiger Boden den Schlag des Pendels beschleunigen, eine weite Wasserfläche hingegen ihn verzögern kann, und dass die Anbringung künstlicher schwerer Massen, oder die Benutzung der von der Natur gegebenen, wenn man ihre Wirkung auf den Pendel beobachtet und ihre Dichtigkeit etc. durch andre geeignete Mittel bestimmt, uns zur Kenntniss des Werthes von D, oder der Dichtigkeit der Erde selbst, zu führen geeignet ist.

Diejenige Masse, deren besondre Wirkung sich der Wirkung der Erde für den betreffenden Ort hinzusetzt, kann sich auch ausserhalb, d. h. über der mittlern Erdoberfläche befinden, in welchem Fall ihre gesammte Dichtigkeit in Rechnung zu ziehen ist, und zwar kann sie sich sowohl unterhalb des zur Untersuchung anzuwendenden Pendels als auch zur Seite desselben befinden. Man denke sich einen isolirten freistehenden Berg, dessen Gestalt, Grösse und Dichtigkeit möglichst genau untersucht und folglich bekannt ist, und auf seinem Gipfel ein schwingendes Pendel. Weiss man aus andern Versuchen die Länge des Sekundenpendels unter der geographischen Breite des in Rede stehenden Berges für den Meereshorizont, so lässt sich durch Rechnung finden, wie lang dasselbe in der Höhe des Berggipfels sein müsste, wenn der Berg nicht vorhanden

wäre, und die wirklichen Beobachtungen auf dem Gipfel werden seine Länge ergeben, wie sie durch das Zusammenwirken der Erde und des Berges resultirt. So wird man das Verhältniss der Anziehungen, welche der Berg und der übrige Erdball ausübt, und da man die Entfernungen des Pendels von den Schwerpunkten des Berges und der Erde gleichfalls kennt, auch das Verhältniss ihrer Massen erhalten; dieses letztre aber wird, mit dem Verhältniss der Volumina beider verglichen, das der Dichtigkeiten ergeben. So erhält man endlich aus der Dichtigkeit des Berges die Dichtigkeit der Erde selbst.

Sei die Dichtigkeit, das Volumen und die Entfernung des Schwerpunkts vom Pendel, für den Berg resp. d, v, r; für die Erde D, V, R; habe ferner die Rechnung die Pendellänge P, die Beobachtung hingegen eine Pendellänge P′ ergeben, und man setzt $P' = P + p$, so erhält man nach dem Obigen

$$\frac{d\,v}{r^2} : \frac{D\,V}{R^2} = P : p$$

$$\text{also } d\,v\,R^2 : D\,V\,r^2 = P : p$$

$$D\,V\,r^2\,P = d\,v\,R^2\,p$$

$$\text{folglich } D = \frac{d\,v\,R^2\,p}{V\,r^2\,P}$$

Diese von *Bessel* vorgeschlagene Methode ist indess noch nicht angewandt worden. Soll die gegen P sehr kleine Grösse p mit hinreichender Sicherheit bestimmt werden, so wird ein vorzüglicher Pendelapparat und höchst sorgfältige, lange fortgesetzte Beobachtungen, die auf dem Gipfel hoher Berge ihre Schwierigkeiten haben, erfordert.

§. 55.

Man kann aber zweitens den Pendel, oder schlechtweg ein Loth, zur Seite der über die mittlere Oberfläche emporragenden und als gesondert zu betrachtenden Masse anbringen und nun nicht die Schwingungsdauer, sondern die Ablenkung von der senkrechten Richtung beobachten, welche der Berg bewirkt. Dies wird am besten durch astronomische Beobachtung des scheinbaren Zeniths zu beiden Seiten des Berges in geeigneter Entfernung ermittelt werden können.

Sei (Fig. 28.) f c ein Bogen des Erdumfanges und f g und c d die beiden Richtungen, welche das Zenith der Punkte f und c bezeichnen. Unter der Voraussetzung, dass nur das Erdsphäroid die Richtung des Lothfadens bestimmen, werden diese Richtungen mit g f und d c zusammenfallen, und mit ein-

ander den Winkel a machen, der bekannt ist wenn man den Bogen f c auf der Erdoberfläche kennt.

Nun sei zwischen f und c der Berg b, welcher das Loth gleichfalls anzieht, es also in die Richtungen d c′ g f′ zieht, welchen man c d′ und f g′ parallel macht. Verbindet man an beiden Punkten ein Fernrohr so mit dem Loth, dass dessen Axe in seine Richtung fällt, und nehmen wir an, dass die verlängerte Axe des Rohrs in c einen Stern s, die des Rohrs in f einen andern s′ treffe, so wird der Bogen s s′ den Unterschied der Richtungen f g′ und c d′ angeben, der grösser ist als a, und zwar um die Summe der beiden Ablenkungen, welche die Lothlinien in c und f durch Einwirkung von b erfahren, oder es wird sein

$$s's = a + dcd' + gfg',$$

Da nun s′s durch die erwähnte Zenithbeobachtung und f c auf geodätischem Wege bestimmt werden können, so lässt sich auch jene Summe bestimmen, denn es ist

$$dcd' + gfg' = s's - a.$$

Nun bezeichne aber g f und f f′ das Verhältniss der Wirkungen der Erde und des Berges auf das Loth in f, so wie d c und c c′ das der beiden Wirkungen auf das in c befindliche. Kennt man nun den Abstand der Punkte c und f vom Schwerpunkte des Berges b, so wie die Figur, das Volumen und das specifische Gewicht desselben, so kann man auf ähnliche Weise wie im vorigen Beispiel, die Dichtigkeit der Erde berechnen.

Bei den Messungen, welche *Maskelyne* und *Hutton* vom Berge Shehallion in England zu diesem Zwecke anstellten, wo *Maskelyne* den astronomischen, *Hutton* gleichzeitig den geodätischen Theil der Arbeit, d. h. die Abmessung und Abwägung des Berges besorgte, fand sich d c d′ + g f g′ im Mittel aus allen Bestimmungen = 11″, 7, und die weitere Rechnung deren specielle Ausführung hier zu weit führen würde, gab 4,7, für die Dichtigkeit des Erdkörpers, wenn die des reinen Wassers = 1 gesetzt wird. — Ein ähnliches Resultat ist durch Beobachtungen am Cenis in den Alpen erhalten worden.

Indess lässt sich gegen die Genauigkeit und Sicherheit der auf diesem Wege erlangten Resultate der Einwurf machen, dass wenn auch eine Abwägung und Abmessung des Berges selbst mit hinreichender Näherung erlangt werden könne, doch keineswegs angenommen werden kann dass die beiden Richtungen des Loths, den Berg hinweggedacht, nothwendig d c und g f sein müssten, da gar wohl Ungleichheiten der Dichtigkeit-

unter der Frdoberfläche in der Gegend von c und f, deren vollständige Ermittelung nicht wohl möglich, und bei den erwähnten Arbeiten auch nicht ausgeführt worden ist, Einfluss auf die Richtung haben könnten. Alsdann aber würde d c d′ + g f g′ zwei verschiedne Wirkungen in sich vereinigen, von denen die eine unbekannt bleibt, der Schluss auf die Dichtigkeit der Erde folglich unsicher wird.

§. 56.

Dieser Umstand ward Veranlassung, eine Methode anzuwenden die Schwingungen eines Pendels gegen eine künstliche angebrachte Masse gesondert und unabhängig von der Erdanziehung zu beobachten. Man denke sich eine Stange B C (Fig. 29.), an deren Enden zwei gleich grosse und gleich schwere Kugeln sich befinden, in ihrem Mittelpunkte unterstützt, doch so, dass sie sich auf dem Pfeiler A F frei zur Seite bewegen kann. Sind beide Seiten in vollkommenem Gleichgewicht, so wird die Wirkung der Erde auf diesen wagerechten Doppelpendel neutralisirt sein, d. h. es wird keine Seitenschwingung entstehen, wenn man C oder B bewegt, sondern in jeder Lage völlige Ruhe stattfinden.

Man stelle nun zwei grosse und schwere Massen D und E symmetrisch gegen B und C so auf, dass die nach beiden Seiten verlängerte Linie B C die Schwerpunkte dieser Massen trifft, so wird, wenn man eine der Kugeln bewegt, eine Pendelschwingung entstehen, da die Massen E und D die Kugeln C und B in Folge der Anziehung wieder in die ursprüngliche Lage zurückzubringen streben. Die Kleinheit der Massen im Vergleich zur Erdmasse, obgleich grösstentheils durch die Nähe derselben compensirt, wird zwar zur Folge haben dass diese Schwingungen äusserst langsam erfolgen, jedoch wird es möglich sein sie bei anhaltend fortgesetzter Beobachtung wahrzunehmen und ihre Dauer zu bestimmen. Da nun die Schwingungszeiten sich umgekehrt wie die Quadrate der Fallhöhen oder auch der Pendellängen verhalten, so wird man bestimmen können wie gross ein Sekundenpendel sein werde, der in Folge der Anziehung von E oder D schwingt, und da die Länge des gegen die Erde gravitirenden Sekundenpendels als bekannt vorausgesetzt werden kann, so erhält man auch das Verhältniss der von E und D ausgeübten Anziehung zur Erdanziehung, woraus und aus den übrigen bekannten Daten (Entfernung der

Schwerpunkte der anziehenden Massen von den Kugeln, Volumen und specifisches Gewicht dieser Massen u. s. w.) das specifische Gewicht der Erde erhalten wird.

Die erwähnte (hier nur in den allereinfachsten Grundlinien angedeutete) Vorrichtung heisst die Drehwage, und *Cavendish* hat mit ihr die ersten, (durch manche zu berücksichtigende Nebenumstände sehr schwierigen) Versuche angestellt. Der ganze Apparat ward mit einer grossen Glaswand umschlossen, um die Einwirkung der Luftströmungen auf die Bewegung der Kugeln aufzuheben, und die Schwingungen teleskopisch aus beträchtlicher Entfernung beobachtet, um jede Einwirkung der Person des Beobachters auf die Kugeln gleich Null setzen zu können. Auch die Anziehung der Glaswand musste in Rechnung genommen werden.

Cavendish fand im Mittel aus 24 Versuchen die Dichtigkeit des Erdkörpers = 5,48, also nicht unerheblich grösser als *Hutton* und *Maskelyne*. *Hutton* suchte später zu zeigen dass die Experimente mit der Drehwaage kein zuverlässiges Resultat geben könnten, und in der That war mancher Umstand, der nicht hinreichend hatte berücksichtigt werden können, allerdings von Einfluss auf so subtile Beobachtungen. *Reich* in Freiberg hat indess neuerdings diese Beobachtungen auf eine zuverlässigere Weise wiederholt, und seine mit aller möglichen Sorgfalt und Umsicht bestimmten Schwingungszeiten gaben uns im Mittel aus 19 Versuchen eine Dichtigkeit der Erde = 5,44, also sehr nahe das Resultat von *Cavendish*, aber mit beträchtlich höherer Zuverlässigkeit, so dass man diese letztere Zahl als die zuverlässigste Bestimmung des specifischen Gewichts der Erde betrachten kann.

Das Gesammtgewicht der Erde ist nach diesen letztern Bestimmungen = 13 Quadrillionen Pfund.

§. 57.

Vergleicht man die so ermittelte mittlere Dichtigkeit der Erde mit derjenigen, welche die ihre Oberfläche bildenden und dieser zunächst liegenden Massen zeigen, so finden wir hier (ausser dem Wasser dessen Dichtigkeit) = 1 am allgemeinsten verbreitet Granit (Dichtigkeit 2, 5 bis 3, 0) Kalk, (2, 7 — 3, 1) Sand und Kiesel überhaupt (2, 6) Porphyr (2, 4 — 2, 8) Thon (2, 0 — 2, 4) und andre verwandte Massen von ähnlichem specifischen Gewicht, so dass wir der Oberfläche des Festlandes und beiläufig auch dem Seeboden eine mittlere Dichtigkeit von

2,7, also die Hälfte der Erddichtigkeit, zuschreiben können. Die einzigen uns bekannten Körper von grösserer specifischer Schwere als 5, 44 sind die Metalle im regulinischen Zustande, die aber nicht verbreitet genug sind, um zur grössern Dichtigkeit der oberen Erdschicht etwas Erhebliches beitragen zu können. Wir müssen also nothwendig eine Zunahme der Dichtigkeit gegen das Erd-Innere und den Mittelpunkt hin, annehmen, und zwar eine sehr beträchtliche Zunahme, denn es ist leicht einzusehen dass die Dichtigkeit gegen das Centrum hin weit mehr als 5, 44 betragen müsse, wenn die Erde im Ganzen 5, 44 haben soll. Ist die Zunahme der Dichtigkeit gleichförmig von Aussen nach Innen, so werden wir die mittlere Dichtigkeit 5, 44 nur etwa 200 Meilen unter der Oberfläche annehmen dürfen.

Dadurch wird erklärlich, warum die Gradmessungen ein andres Resultat für die Abplattung ergeben als *Newton* unter Voraussetzung einer homogenen Erde gefunden hatte. Die Abplattung ist Folge des Rotationsschwunges, sowohl der äussern als der innern Theile; jene haben, da sie grössere Kreise beschreiben, einen stärkern Schwung, und folglich auch einen grössern Einfluss auf die Gestalt der Erde als diese. Wären sie nun zugleich die schwerern, so würde ein Uebergewicht zum andern kommen, die Gesammtwirkung aller schwingenden Massen auf Abplattung würde grösser, folglich diese selbst beträchtlicher werden müssen; tritt hingegen der umgekehrte Fall ein, so wird die Gesammtwirkung schwächer werden, und so zeigt es sich auch in der That.

Frägt man nach den physischen Ursachen dieser so sehr vergrösserten Dichtigkeit gegen die Mitte hin, so kann man allerdings den Grund zum Theil in dem gewaltigen Drucke finden, den die tiefer liegenden Massen von den höheren erleiden. Allein dieser Druck wirkt doch auf nicht elastische Massen nur äusserst wenig, und Massen von beträchtlicher Elasticität bietet uns die Oberfläche im Grossen nicht dar. So scheint kein andrer Ausweg übrig zu bleiben, als entweder uns gänzlich unbekannte Massen im tiefern Erd-Inneren anzunehmen oder den regulinisch-metallischen Zustand als den normalen in jenen unergründlichen Tiefen zu bezeichnen. Dieses eigentliche Innere ist also gleichsam noch unaufgeschlossen, ist Metallkern, um den herum sich die mehr entwickelten stein-, erd- und kalkartigen Massen gelagert haben und an ihren äussersten Grenzen, von Luft und Wasser

berührt, einen Boden für vegetabilische und animalische Entwickelung darbieten, deren letzte Spuren schon bei wenigen hundert Fuss Tiefe verschwinden und die also wohl dem Innern gänzlich abgeht.

Damit fällt zugleich die Annahme, dass die Erde eine Hohlkugel sei und dass sich unter einer, wenn gleich sehr dicken, massiven Schaale ein leerer oder auch lufterfüllter sphärischer Raum befinde, hinweg. Zwar könnte man, wenn man die Dichtigkeit von der Oberfläche an sehr schnell zu einer vielleicht 40fachen des Wassers wachsen liesse, den grössten Theil des Erdinnern zur Hohlkugel machen und doch auf die obige mittlere Dichtigkeit kommen, aber das für die Abplattung gefundene Resultat wäre damit unvereinbar. Beide Thatsachen zusammengenommen lassen höchstens nur einen gegen das Ganze sehr kleinen Raum im Innern als mögliche Central-Hohlkugel übrig; am wahrscheinlichsten aber ist es, dass auch diese nicht besteht. Alle noch so scharfsinnigen Hypothesen über diese vermeinte Hohlkugel und die Verhältnisse der lebenden Wesen in derselben, alle dichterischen Ausschmückungen dieser Idee, mit der sich gar Mancher getragen, sind grundlose Phantasien.

Es mag hier vorläufig bemerkt werden, dass auch bei den beiden andern Planeten, für welche eine Bestimmung der Abplattung durch Beobachtungen bis jetzt möglich gewesen (Jupiter und Saturn) sich aus der Vergleichung dieses Axenverhältnisses mit dem welches die Rotation ergiebt, dieselbe Schlussfolge wie bei der Erde ziehen lässt. Auch Jupiter und Saturn sind Körper, deren Dichtigkeit von der Oberfläche nach dem Innern zu sehr beträchlich zunimmt und für welche die Möglichkeit einer Hohlkugel sogar noch mehr als bei der Erde zusammenschwindet. Und eben so zeigt das nahe gleiche Dichtigkeitsverhältniss der Erde mit den andern drei untern Planeten, dass man nach aller Wahrscheinlichkeit auch in diesen keine Hohlkugeln anzunehmen habe. Es versteht sich, dass hier nur die Rede von einer allgemeinen, das Centrum umgebenden Höhlung, nicht aber von einzelnen hier und da zerstreuten und von fester Masse freien Räumen die Rede sei, die sich gar wohl auch im tiefen Innern an einer und der andern Stelle finden können.

§. 58.

Diese Heterogenität der Erde in Bezug auf Dichtigkeit hindert uns übrigens nicht, für alle ausserhalb derselben liegenden Körper die Anziehungskraft als im Mittelpunkte vereinigt

zu gedenken. Anders würde es sein, wenn die Vertheilung der Dichtigkeit keine symetrische, und das Gesetz der Zunahme nicht für alle Radienvectoren gleich wäre, dass dies aber mindestens sehr nahe der Fall sein müsse, lässt sich nnter andern aus der nahen Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Pendelversuche mit denen der Gradmessungen schliessen. Dagegen bewirkt die nicht ganz kugelförmige Gestalt der Erde, dass jene Annahme nicht immer den Erscheinungen durchaus genügt, wie z. B. bei der näheren Bestimmung des Mondlaufes sich zeigen wird.

Ist aber die Rede von einem Punkt im Innern der Erde, so treten andre Verhältnisse ein: seine Gravitation gegen die umgebenden Massen vertheilt sich nach verschiedenen Richtungen, unter denen einige gerade entgegengesetzt sind und sich aufheben; soweit sie sich an Stärke gleichen. Sei (Fig. 30.) O ein Punkt im Innern der Erdkugel, und O D E die Kugel, welche mit dem Radius C O beschrieben wird, so werden zwar die Gravitationen gegen die einzelnen Theile der Kugel O D E im Mittelpunkt vereinigt gedacht werden können, die übrigen aber sich gegenseitig aufheben, denn jeder nach a hin wirkenden steht eine andre die nach B hin wirkt, entgegen, und es lässt sich dathun, dass die Gravitation gegen den Theil a b c der gegen den Theil D A B E gleich und entgegengesetzt sei, und so auf jeder der übrigen Linien, die man sich durch O gedenken kann. Der Inhalt der Kugel O D E verhält sich zum Inhalt der Erdkugel wie der Cubus von C O zum Cubus des Radius derselben, nach dem *Newton*schen Gesetz verhält sich also, wenn R den Erdradius bezeichnet, und $CO = r$ gesetzt wird, die Anziehung der Erdkugel zur Anziehung der Kugel O D E wie $\frac{R^3}{R^2} : \frac{r^3}{r^2}$ folglich wie $R : r$ abgesehen von der ungleichen Dichtigkeit. Die Pendellängen und Fallhöhen sind also im Innern der Erde geringer als an der Oberfläche und haben an dieser letztern ein Maximum. — Wäre O D E eine concentrische Hohlkugel, so würde weder im Punkte O noch in irgend einem andern Punkte ihres Raumes eine Gravitation sich wirksam erweisen, sondern sie sämmtlich sich aufheben, und hier wäre also wirklich ein constantes Schweben der Körper möglich.

§. 59.

Wir haben im Bisherigen die Körper als von der Anziehungskraft allein afficirt, betrachtet; es kommt jetzt darauf an, diejenigen Bewegungen kennen zu lernen, welche durch die

vereinigte Wirkung der Schwerkraft und einer ursprünglichen, geradlinigt und gleichförmig gedachten, hervorgehen, wie sie an den Weltkörpern sich zeigen. Häufig hat man diese ursprüngliche Bewegung Centrifugalkraft genannt, und im Gegensatze zu ihr die Schwerkraft als Centripetalkraft bezeichnet, was aber Unbequemlichkeiten und Missverständnisse herbeizuführen geeignet ist. Diese Centrifugalkraft ist nicht immer und nothwendig eine den Mittelpunkt fliehende und noch weniger ist ihre Richtung der der Centripetalkraft entgegengesetzt. Der Ausdruck Tangentialkraft ist passender und drückt die Richtung derselben bestimmter und schärfer aus, es ist jedoch richtiger, sie gar nicht als besondre Kraft zu bezeichnen, da sie nicht wie die Schwerkraft in jedem Augenblick auf's neue wirkt, sondern eher als ein ursprünglicher Impuls (Stoss) betrachtet werden kann, der selbst nur ein einziges Mal stattfand und sich nicht auf's Neue wirksam erweist, dessen Wirkung aber gleichwohl und zwar constant fortdauert, so dass als eigentliche Kraft nur die Attraktion selbst übrig bleibt. Wir werden diese Centrifugalkraft stets als ursprüngliche (primäre) Bewegung bezeichnen.

§. 60.

Wenn ein Körper gleichzeitig durch zwei verschiedne Impulse nach zweien Richtungen hin bewegt wird, so beschreibt er die Diagonale eines Parallelogramms, dessen Seiten die beiden Bewegungen, welche er gemeinschaftlich macht, einzeln nach Lage und Richtung darstellen. Sei der Körper ursprünglich in A (Fig. 31.), einer der beiden Impulse führe ihn von A nach B der andre gleichzeitig von A nach C, so wird er, beiden folgend, in derselben Zeit einen Punkt D erreichen, den er ebenfalls erreicht haben würde, wenn die beiden Impulse nicht gleichzeitig gewirkt hätten, sondern der eine ihn zuerst von A nach B geführt, und hierauf der andre in einer AC parallelen Richtung von B aus gewirkt hätte. Man erhält also den Punkt D, wenn man, nachdem AB und AC nach Länge und Richtung gegeben sind, das Parallelogramm vollendet. Man nennt es deshalb das Parallelogramm der Kräfte.

Ein ähnliches Resultat erhielte man, wenn ein Körper von dreien oder noch mehreren Impulsen gleichzeitig in Bewegung gesetzt wird. Man verbinde in diesem Falle erst zwei Bewegungen AB und AC zu einer zusammengesetzten AD, diese

auf gleiche Weise mit einer dritten, die so erhaltene Zusammengesetzte mit einer vierten u. s. w.

Sind die beiden Bewegungen, welche man zu einer einzigen zusammensetzen will, der Richtung nach gleich, so wird die zusammengesetzte die Summe beider und fällt in dieselbe Richtung. Sind die beiden Richtungen genau entgegengesetzt, so bewegt sich der Körper mit der Differenz beider nach derjenigen Seite, wohin die stärkere Bewegung geht, und wären beide gleich gross und dabei entgegengesetzt, so bliebe der Körper in Ruhe.

Wie hier aus zweien oder mehreren Kräften eine zusammengesetzte gebildet wird, so kann man auch umgekehrt jede Kraft nach zweien Richtungen zerlegen, so AD in die beiden AB und BD, die entweder normal auf einander stehen oder auch schiefe Winkel bilden, je nachdem der Zweck es erfordert. Diese Zerlegung der Kräfte und Bewegungen in Coordinaten findet in allen astronomischen Theorien die allgemeinste und mannichfaltigste Anwendung; am häufigsten kommen Zerlegungen in drei Coordinaten nach den drei Dimensionen des Raumes vor*).

§. 61.

Befindet sich dagegen unter den beiden Bewegungen, die sich zu einer einzigen zusammensetzen, eine an Geschwindigkeit zunehmende, während die andre eine gleichmässige Geschwindigkeit behält, so kann die zusammengesetzte Bewegung keine gerade Linie bleiben, sondern es entsteht eine Curve von grösserm oder geringerem Halbmesser, gleicher oder ungleicher Krümmung, je nach der Richtung und dem Verhältniss der beiden Bewegungen. Dieser Fall ist uns nun in den Bahnen der Weltkörper gegeben, wo eine ursprüngliche Bewegung ähnlich derjenigen, welche ein Körper im leeren Raume durch einen einmaligen Stoss erhalten würde, sich mit einer andern zu-

*) Sei die lineäre Grösse einer Kraft, Bewegung, Distanz u. dgl. r, die Länge und Breite (oder Geradeaufsteigung und Abweichung) λ und β, und man will r in seinen 3 rechtwinklichten Raumcoordinaten, auf die Ebene bezogen für welche λ und β gelten, zerfällen, so sind diese, gewöhnlich durch x, y, z, bezeichnet:

$$x = r \cos. \beta \cos. \lambda$$
$$y = r \cos. \beta \sin. \lambda$$
$$z = r \sin. \beta$$

wo dann jedesmal $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ist.

sammensetzt, die von einer fortwährenden Kraft (der Schwerkraft) erzeugt wird. (Es wird hiermit keinesweges behauptet, dass ein wirklicher materieller Stoss im ersten Anfange stattgefunden habe, sondern nur die Art der Wirkung durch diesen Vergleich bezeichnet. Ein Schwung statt, eines Stosses kann eben so gut gesetzt werden, und überhaupt sollen die Namen, welche wir den Kräften beilegen, nie ihr inneres Wesen bezeichnen. Ein Vorbehalt, den *Newton* zwar in ausdrücklichen Worten gemacht hat, den aber dennoch Viele, die an *Newton* und seiner Theorie allerlei auszusetzen fanden, ignorirt haben. Es ist ganz gleichgültig, ob und welche sinnliche Vorstellung wir uns von den bewegenden Kräften machen: die Entwickelung der Gesetze dieser Bewegungen hängt gar nicht von den metaphysischen Ideen ab, die man sich über die Attraktion u. s. w. gebildet hat.)

Es sei A B (Fig. 32.) die eine der ursprünglichen Bewegungen eines Körpers, vom Punkte A anfangend und in gleichen Zeiten gleiche Räume A 1, 1..2, 2..3 u. s. w. beschreiben. Die andre der beiden Bewegungen befolge dagegen das Gesetz des freien Falles, wie er durch eine von A nach C hin wirkende Gravitation erzeugt werden würde, sie sei also ungleichförmig und wachsend, so dass der Körper in den gleichen auf einander folgenden Zeiträumen die Punkte 1, 2, 3, 4 etc. auf A C einnehmen würde, wenn die Gravitation allein wirkte. Die Zusammensetzung beider Bewegungen wird ihn folglich am Ende des ersten Zeitraums nach I, am Ende des zweiten nach II und so weiter führen. Die Punkte 0, I, II, III VII gehören aber keinesweges einer gebrochenen Linie an, denn dies würde voraussetzen, dass die Bewegung auf A C innerhalb jedes der einzelnen Räume gleichförmig gewesen und nur in den genannten Punkten gleichsam stossweise gewachsen sei, sondern da die Geschwindigkeit in beständiger Zunahme ist, so muss sich auch die Richtung der durch die Punkte I, II, III gezogenen Linie beständig ändern, sie wird folglich eine Curve sein.

Die Richtung der Kraft, welche den Körper freifallend von A nach C führen würde, kann aber bei der zusammengesetzten Bewegung nicht dieselbe bleiben, wenn der Punkt, gegen welchen der Fall gerichtet ist, nicht in unendlicher Entfernung von A liegt, vielmehr werden diese Richtungen mit einander convergiren mit den Radienvectoren zusammenfallen. Will

man daher die Gestalt der Curve, welche durch die Zusammensetzung der Bewegungen entsteht, näher betrachten, so wird dieser Umstand zu berücksichtigen sein.

§. 62.

Es sei demnach ein Körper (Fig. 33.) in A, der innerhalb einer Zeiteinheit vermöge der ursprünglich gleichförmigen (Tangential-) Bewegung von A nach B in einer auf A S normalen Richtung sich bewegen würde, S der Punkt in welchem die anziehende Kraft ihren Sitz hat, und $An = BB'$ die Grösse, um welche der Körper in der Zeiteinheit gegen S hin freifallend sich bewegen würde, so wird AB' die zusammengesetzte, von ihm wirklich beschriebene, Curve sein. Hier angekommen, wird er sich mit der erlangten Geschwindigkeit nach C zu bewegen, die fortwährende Wirkung der Schwerkraft aber versetzt ihn statt dessen nach C'. So geht es weiter fort und der Körper wird nach und nach die Punkte D', E'.... einnehmen.

Ist AB, wie oben angenommen, normal auf AS, und ist $An = SB - SA$, so dass $SB' = SA$ wird, so hat sich die Entfernung des Körpers von S nicht geändert, eben so ist seine Geschwindigkeit gleich geblieben und er beschreibt also in der nächsten Zeiteinheit eine aus BC und CC' zusammengesetzte Curve BC', welche, da $BC \doteq AB$ und $CC' = BB'$, der vorhin beschriebenen AB' gleich sein wird. Man sieht leicht, dass unter den vorstehenden Annahmen dies so fortgeht, und dass die Curve $AB'C'D'E'$.... ein mit gleichförmiger Geschwindigkeit um S als Mittelpunkt beschriebener Kreis sein wird.

Allein beide obige Annahmen finden nicht nothwendig statt, AB kann gar wohl einen schiefen Winkel mit AS machen und wenn dies auch in irgend einem Punkte nicht stattfände, so könnte gleichwohl An grösser oder kleiner als $SB - SA$ sein. Ist $An > SB - SA$, so wird $SB' < SA$, der Körper hat sich also auf seinem Wege dem Punkte S genähert und er wird stärker als vorhin angezogen, wodurch er sich ihm bei fortgesetzter Bewegung noch mehr nähern muss. Ist dagegen $An < SB - SA$, so ist auch $SB' > SA$, der Lauf des Körpers hat ihn also von S weiter entfernt und die Wirkung der Schwerkraft wird in Folge dessen schwächer werden.

Man sieht leicht, dass in beiden Fällen kein Kreis entstehen kann, da dieser ein Gleichgewicht zwischen beiden Bewegungen, wie es in der Bedingung $An = SB - SA$ aus-

gesprochen ist, voraussetzt. Betrachten wir demnach diesen Fall etwas näher.

Ein Körper A (Fig. 34.) werde durch die Tangentialbewegung nach A B, durch die Schwerkraft nach A n geführt, und es sei A n > S B — S A, so wird B näher an S liegen als A, und er wird nun nach der Tangente B C fortstrebend, durch die Schwerkraft nach C′ geführt. Das Stück C C′ ist grösser als B B′, da C′ näher an S liegt als B′. Eben so wird D′ näher an S liegen als C′ und DD′ wird abermals gegen C′ gewachsen sein u. s. w.

Allein man sieht leicht, dass diese Zunahme der Anziehung nicht die einzige Folge des mangelnden Gleichgewichts ist, dass vielmehr auch B C > A B, C D > B C u. s. w. sein müsse. Da nämlich die Tangenten, wenn die Curve kein Kreis ist, nicht mehr rechtwinklicht auf die Radienvectoren stehen so bald Zu- oder Abnahme der Entfernung eintritt, so stehen, die Bögen B′C′, C′ D′ u. s. w. den gemischtlinigten Dreiecken B′ C C′. C′ D D′ u. s. w. auch schiefen (und in unserm jetzigen Falle stumpfen) Winkeln gegenüber. Diese Bögen sind also grösser, als die ihnen entsprechenden Tangenten, erfordern also um in gleicher Zeit zurückgelegt zu werden, eine grössere Geschwindigkeit, und mit dieser erlangten grösseren Geschwindigkeit, strebt der Körper weiter. Die Schnelligkeit der Bewegung muss also stetig wachsen, so lange der Winkel der Tangente mit dem Radiusvector ein stumpfer Winkel ist.

Diese fortgesetzte Zunahme der Geschwindigkeit muss aber endlich dahin führen, dass die beiden Bewegungen wirklich ins Gleichgewicht kommen. Etwa in der Gegend von H′ sind G H und H H′ so gegen einander abgemessen, dass, wäre die Richtung der Tangente normal auf den Radius Vector, von hier ab eine Kreisbewegung eintreten würde. Allein die schräge Richtung der Bewegung veranlasst, dass die Verminderung der Entfernung von S, und damit die Zunahme der Geschwindigkeit hier seine Grenze noch nicht erreicht, sondern das von hier ab stattfindende Uebergewicht der Tangentialbewegung nur dazu beiträgt, die schräge Richtung der normalen näher zu bringen. Es muss deshalb einen Punkt L′ geben, in welchem diese normale Richtung erreicht wird; hier aber hat die Tangentialbewegung ein grosses Uebergewicht über die Attraktion und wird also von jetzt ab dazu beitragen, den Körper wieder mehr von der Sonne zu entfernen. Dabei entstehen Winkel der Tangente und des Radius Vector, die die-

sen spitzen Winkeln gegenüberliegenden Bögen werden kleiner als die ihnen entsprechenden Tangenten, die Bewegung verlangsamert sich und es erfolgt in umgekehrtem Sinne, was auf dem Wege von A nach L′ erfolgte.

Die auf diese Weise beschriebene Curve wird also gegen die Linie A L′ (ihre grosse Axe) symmetrisch und sie kehrt in sich zurück. Sie ist (wie in der höhern Analysis nachgewiesen wird) eine Ellipse, und *Kepler* war der erste, der diesen Satz für Planetenbahnen aus den Beobachtungen darthat.

Die Bewegung in der Ellipse ist demnach am schnellsten im Perihelio, am langsamsten im Aphelio; sie ist ferner zwischen beiden Punkten stetig zu- und in der andern Hälfte der Bahn stetig abnehmend. Die mittlere Geschwindigkeit findet beiläufig auf halbem Wege zwischen Perihel und Aphel, an den beiden Enden der kleinen Axe, statt.

§. 63.

Die Zunahme der Geschwindigkeit beim Näherrücken an den Centralkörper kann noch auf einem andern einfachen Wege dargethan und dadurch zugleich das Gesetz derselben näher bestimmt werden. Man denke sich (Fig. 35.) den umlaufenden Körper in A, in S den Centralpunkt der Schwerkraft, und A B sei der Weg, den der Körper ohne Einwirkung der Schwerkraft zurückgelegt hätte, während diese ihn nach n führt. Er beschreibt also die Diagonale A B′ des Parallelogrammes A B B′ n (wir nehmen A B gegen A S so klein an, dass die Krümmung der Linie A B′ sowohl als die Veränderung der Richtung der Gravitation von unmerklichem Einflusse ist), so ist nach geometrischen Gründen das Dreieck A B S = A B′ S. Jenes ist der Flächenraum, welchen der Radius Vector ohne Einwirkung der Schwerkraft beschrieben haben würde, dieses das, was er wirklich beschreibt. — Mit der in B′ erlangten Geschwindigkeit strebt der Körper weiter, es wird also B′ C = A B′ und △ A B′ S = B′ C S. Die Schwerkraft führt ihn statt nach C, nach C′ und es ist wiederum B′ C′ die Diagonale eines Parallelogrammes B′ C C′ m, so dass auch hier △ B′ C S = △ B′ C′ S ist. So fortgehend wird man immer auf Dreiecke kommen, die wegen Gleichheit ihrer Grundlinien und Höhen gleich sind, und da nun

A B S = A B′ S
A B′ S = B′ C S
B′ C′ S = B′ C′ S u. s. w.

und diese Dreiecke gleichen Zeiträumen angehören, so verhalten sich die vom Radius Vector eines umlaufenden Körpers zurückgelegten Flächenräume wie die Zeiten, in denen sie zurückgelegt werden. Die Grösse dieser Flächenräume hängt vom Radius Vector und dem durchlaufenen Bogen ab: wird demnach erstrer kleiner, so muss letztrer (für gleiche Zeiträume) grösser werden, was wir bereits im §. 62 durch eine andre Betrachtung im Allgemeinen gefunden haben.

Ist die Richtung der Bewegung auf den Radius Vector normal, was im Aphel und Perihel stattfindet, so verhält sich die Geschwindigkeit umgekehrt wie die Entfernung. Steht also der umlaufende Körper im Aphel 10 mal so weit als im Perihel vom Centralkörper, so wird seine Geschwindigkeit im erstern nur $^1/_{10}$ von der Geschwindigkeit im letztern sein.

Ist die Richtung der Bewegung nicht normal auf den Radius Vector, so wird man sie sich in 2 Richtungen zerfällen können, deren eine in die Richtung des Radius Vector selbst fällt und die andre darauf normal steht, und die Geschwindigkeiten nach dieser letztern Richtung werden sich dann gleichfalls verhalten, wie die Radien Vectoren umgekehrt.

Der Winkel der Bewegung mit dem Radius Vector sei m, die Geschwindigkeit g, der Radius Vector r, so ist g sin m die auf den Radius Vector normale, und g cos m die in seine Richtung fallende Coordinate der Bewegung, und wenn nun dieselben Grössen für einen andern Punk tmit m', g', r' bezeichnet werden, so wird

$$g. \sin m ; g'. \sin m' = r' : r$$

folglich $g. r. \sin m = g'. r'. \sin m'$ d. h. $g\, r \sin m =$ einer Constante.

Dieses Gesetz ist gleichfalls von *Kepler* auf empirischem Wege, hauptsächlich durch die Beobachtungen des Mars, gefunden und später von *Newton* aus dem Gesetz der Schwere analytisch entwickelt worden.

§. 64.

Es ist bereits oben (§. 48.) erwähnt worden, dass zwischen den Entfernungen und Umlaufszeiten bei verschiedenen um denselben Centralkörper kreisenden Planeten etc. ein Verhältniss bestehe, welches uns gestattet eins aus dem andern zu finden, und es wird jetzt darauf ankommen, dieses Verhältniss nachzuweisen und aus dem Gesetz der Schwere abzuleiten. Wir beschränken uns indess hier um so mehr auf Kreisbah-

nen, als es bei elliptischen Bahnen doch nur von der mittlern Entfernung gültig ist und der Nachweis für letztere auf weit grössere Schwierigkeiten führt, als im Plan dieses Werkes liegen.

Es sei (Fig. 36.) die Sonne in S, ein Planet p stehe in a in einer Distanz a S = r, ein zweiter P im Punkte A und seine Distanz A S sei = R. Nach dem Gesetz der Schwere werden die beiden Planeten von der Sonne innerhalb des gleichen Zeitraums nach N und n gezogen, welche beide Punkte so angenommen werden müssen, dass A N : a n = $r^2 : R^2$. Sollen beide Bahnen Kreisbahnen sein, so müssen die Tangentialbewegungen A B und a b zur Schwerkraft in einem solchen Gleichgewichtsverhältnisse stehen, dass die Punkte C und c, wohin die Planeten p und P in der gleichen Zeit geführt werden, von S in denselben Entfernungen stehen wie A und a. Es müssen folglich A N und a n die Sinus versus der Bögen A C und a c sein, und für sehr kleine Bögen (es hindert uns aber nichts, eine Bahn in so kleine Theile getheilt zu denken als man immer will) verhalten sich für gleiche Kreise die Sinus versus wie das Quadrat der zugehörigen Bögen; es ist also a m dem Quadrat von a c und A N dem von A C proportional.

Für die beiden verschiedenen Kreise lässt sich dies Verhältniss jedoch nur aufstellen, wenn man sowohl die Sinus versus als die Bögen in ihrem Verhältniss zum Radius betrachtet, und es ist demnach

$$\frac{AN}{R} : \frac{an}{r} = \frac{AC^2}{R^2} : \frac{ac^2}{r^2}$$

oder

$$AN : an = \frac{AC^2}{R} : \frac{ac^2}{r} \quad (1)$$

Nun aber ist nach dem Vorigen A N : a n = $r^2 : R^2$, setzen wir diese Proportion mit der in (1) gefundenen zusammen, so erhalten wir

$$r^2 : R^2 = \frac{AC^2}{R} : \frac{ac^2}{r}, \text{ also}$$

$$r.\, ac^2 = R.\, AC^2, \text{ oder } AC^2 = ac^2.\frac{r}{R}.$$

Es ist aber der ganze Umfang des innern Kreises $2\,r.\,\pi$, der des äussern $2\,R\,\pi$, der Planet p wird also $\frac{2\,r.\,\pi}{ac}$ und der

Planet P $\frac{2R\pi}{AC}$ solcher Zeiteinheiten gebrauchen, als zu ac und AC beziehungsweise gehören. Seien die Umlaufszeiten t und T, so haben wir

$$t:T = \frac{r}{ac}:\frac{R}{AC} \; \ldots\ldots \; (2)$$

Man erhebe Proportion (2) ins Quadrat, so wird erhalten

$$t^2:T^2 = \frac{r^2}{ac^2}:\frac{R^2}{AC^2}$$

und nun für AC^2 der oben gefundene Werth gesetzt

$$t^2:T^2 = \frac{r^2}{ac^2}:\frac{R^3}{r.\,ac^2}$$

folglich, die Nenner gehoben,

$$t^2:T^2 = r^3:R^3 \; \ldots \; (3)$$

Also verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Cuben der Entfernungen bei Kreisbahnen und wie die Cuben der mittleren Entfernungen bei elliptischen Bahnen. Kennt man folglich aus Beobachtungen die Umlaufszeiten aller Planeten und die Entfernung eines einzigen p, so sind t, T und r bekannte Grössen und man hat

$$R = r.\sqrt[3]{\frac{T^2}{t^2}}$$

Kennt man umgekehrt die sämmtlichen Entfernungen und nur die Umlaufszeit eines einzigen, so sind r, R und t bekannt und man wird haben

$$T = t\sqrt[2]{\frac{R^3}{r^3}}$$

Wären endlich nur die Umlaufszeiten, hingegen keine Entfernung bekannt, so hätte man wenigstens das Verhältniss dieser letztern durch die Proportion

$$R:r = \sqrt[3]{T^2}:\sqrt[3]{t^2}$$

Auch dieses Gesetz ist von *Kepler* (am 15. Mai 1618) aus der Vergleichung der beiläufig bekannten Distanzen mit den beobachteten Umlaufszeiten abgeleitet, und von *Newton* theoretisch bewiesen worden. Man nennt diese in dem §. 62 —64 entwickelten Regeln die drei *Kepler*schen Gesetze. Er gab sie blos für Planeten, ihre Allgemeingültigkeit für alle

Bahnen ist aber seit seiner Zeit nicht allein durch sämmtliche Beobachtungen bestätigt, sondern auch theoretisch aus dem *Newton*schen Gesetz nachgewiesen worden, wie hier im Allgemeinen gezeigt worden ist.

§. 65.

Der letztere Fall, wo die Entfernungen sämmtlich unbekannt sind, tritt eigentlich in der Astronomie jedesmal ein, denn obgleich wir z. B. die Distanz der Erde von der Sonne, in einem bekannten lineären Maasse z. B. Meilen oder Erdhalbmesser ausgedrückt, mit weit grösserer Annäherung an die Wahrheit kennen als dies früher der Fall war, so steht doch die Genauigkeit dieser Bestimmungen derjenigen weit nach, welche wir in Bezug auf die Umlaufszeiten durch direkte Beobachtungen erreichen können. Die Entfernung der Erde von der Sonne ist gegenwärtig, nach *Encke*'s Rechnungen, etwa um ihren 200ten Theile oder nahe um 100000 Meilen unsicher, wogegen die Umlaufszeit der Erde nicht mehr um ihren 100000000ten Theil oder um $\frac{1}{3}$ Sekunde unsicher ist, und wir die Umlaufszeiten der übrigen Planeten mit ähnlicher Genauigkeit angeben können. Man setzt demnach die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne = 1, d. h. man macht sie zum Maassstabe für alle übrigen Distanzen; setzt eben so das Jahr der Erde = 1 und erhält unter diesen Annahmen aus der letzten der obigen Proportionen

$$R : 1 = \sqrt[3]{T^2} : 1$$

folglich

$$R = \sqrt[3]{T^2}$$

Auf diese Weise sind aus den Umlaufszeiten der Planeten ihre mittleren Entfernungen betimmt worden, und man sieht, warum in den §. 48 aufgeführten Planetenelementen beide Angaben als von einander abhängig, mithin nur als Ein Element, dargestellt sind. Indess galt die oben gegebene Form des Gesetzes der Strenge nach nur für die gleiche anziehende Masse diese ist nun zwar für alle Planeten dieselbe, wenn wir nur die Anziehung der Sonne betrachten, da aber die Attraktion stets eine gegenseitige ist und z. B. Jupiter die Sonne eben sowohl anzieht wie diese ihn, so liegt der gemeinschaftliche Schwerpunkt der Anziehung auch nicht mehr im Centro der Sonne, sondern ausserhalb desselben nach der Seite des Planeten zu. Sei M die Masse der Sonne und μ die des Planeten, so wird der Schwerpunkt S auf der geraden Linie zwischen

Bayerische Staats-Bibliothek München

C dem Mittelpunkte der Sonne, und c dem des Planeten liegen, und zwar wird $S\,C : S\,c = \mu : M$, folglich $C\,c : S\,c = M + \mu : M$ sein. Aus letzterer Proportion folgt $C\,c = S\,c.\ \frac{M+\mu}{M} = S\,c\left(1+\frac{\mu}{M}\right)$. Ist μ wie es gewöhnlich geschieht, schon in Theilen der als Einheit gesetzten Sonnenmasse ausgedrückt, folglich ein ächter Bruch, so wird $C\,c = S\,c\,(1 + \mu$. Da nun C c die wahre mittlere Entfernung der beiden Körper ist, in der eben angeführten *Kepler*schen Proportion $R : r = \sqrt[3]{T^2} : \sqrt[3]{t^2}$ sich R und r auf die Entfernung des Planeten vom Schwerpunkt der Bewegung, also S c, beziehen: so muss, wenn sie für die wahren Entfernungen, die wir R' und r' bezeichnen wollen, gültig bleiben soll, die Proportion so ausgedrückt werden:

$$R' : r' = (1+\mu)\sqrt[3]{T^2} : (1+\mu_{,})\sqrt[3]{t^2}$$

wo μ und $\mu_{,}$ die Massen der beiden Planeten bezeichnen, auf welche die Grössen T und t sich beziehen. Daher gehört, wenn man streng verfahren will, μ unter die zur Bestimmung der Bahn nothwendigen Elemente.

In den meisten Fällen ist μ sehr klein, so ist im Planetensystem unsrer Sonne μ stets kleiner als $^1/_{1000}$ und für einige Planeten selbst kleiner als $^1/_{1000000}$; ja für die 4 kleinen zwischen Jupiter und Mars kreisenden Planeten, so wie für sämmtliche bisher bekannte Cometen ohne Ausnahme muss μ = Null gesetzt werden, da keiner dieser Körper bis jetzt eine im Verhältniss zur Sonnenmasse irgend merkliche Masse gezeigt hat. Eben so ist in den Mondensystemen, so weit wir sie kennen, μ ein fast verschwindender Bruch und nur allein die Masse unsers Mondes ist $^1/_{88}$ der Erdmasse, folglich nicht zu vernachlässigen.

§. 66.

Ist durch die wahrgenommene Umlaufszeit, nöthigenfalls unter Zuziehung von μ, die Entfernung bestimmt worden, so kann man aus beiden die Geschwindigkeit des Planeten, d. h. die Bewegung in einer Zeiteinheit, berechnen. Die Geschwindigkeiten G und g sind gleich den Räumen dividirt durch die Zeiten, also $G = \frac{2R\pi}{T}$ und $g = \frac{2r\pi}{t}$, folglich

$$G : g = \frac{R}{T} : \frac{r}{t}$$

Diese Proportion ins Quadrat erhoben, und mit der obigen §. 64. (3) gegebenen verbunden, giebt

$$G^2 : g^2 = r : R$$

folglich $$G : g = \sqrt{r} : \sqrt{R}$$

d. h. die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Entfernungen umgekehrt. Steht also z. B. ein Planet 9 mal so weit von der Sonne als die Erde, so wird er nur $\frac{1}{3}$ ihrer Geschwindigkeit zeigen. Für $\sqrt{r} : \sqrt{R}$ aber kann man nach den in §. 64. aufgeführten Proportionen $\sqrt[3]{t} : \sqrt[3]{T}$ setzen, daher ist auch

$$G : g = \sqrt[3]{t} : \sqrt[3]{T}$$

oder die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Cubikwurzeln aus den Umlaufszeiten umgekehrt. Ein Planet von 64 Jahren Umlaufszeit würde sich also nur mit $\frac{1}{4}$ der Erdgeschwindigkeit um die Sonne bewegen.

Diese Geschwindigkeit gilt direkt nur für kreisförmige Bahnen, für elliptische u. a. muss man den bestimmteren Ausdruck mittlere Geschwindigkeit setzen. Wir haben eben §. 62 gesehen, dass wenn der Körper in demjenigen Punkte seiner Bahn, wo die Tangente rechtwinklicht auf den Radius Vector steht, eine grössere Geschwindigkeit hat als diejenige, welche eine Kreisbahn erzeugen würde, der gedachte Punkt der Bahn zum Sonnennähepunkt wird und dass von ihm aus der Körper sich weiter von der Sonne entfernt. Das Uebergewicht der Geschwindigkeit kann so gross gedacht werden, dass der Körper gar kein Maximum seines Abstandes erreicht, sondern sich immer weiter entfernt ohne je zurückzukehren, und die Bahn zu schliessen, und die Analysis zeigt uns dass dies statt finde, wenn die Geschwindigkeit im Punkte P diejenige, welche die Kreisbahn erzeugen würde, im Verhältnisse von $1 : \sqrt{2}$ oder einem noch stärkeren übertrifft. Man nenne den kleinsten Abstand q und nehme die Entfernung der Erde von der Sonne, so wie ihre mittlere Geschwindigkeit, als Einheiten an, so lassen sich folgende Sätze aufstellen.

Wenn in dem Punkte der Bahn, welcher dem Abstande q entspricht, $g = \frac{1}{\sqrt{q}}$ ist, so wird die Bahn ein Kreis mit dem constanten Radius q.

Ist g grösser als $\frac{1}{\sqrt{q}}$, aber kleiner als $\sqrt{\frac{2}{q}}$, so wird die

Bahn eine Ellipse und der Körper kehrt nach einer bestimmten Umlaufsperiode wieder zum Anfangspunkte zurück.

Ist $g = \sqrt{\frac{2}{q}}$ so wird die Bahn eine Parabel und es findet keine Rückkehr statt, oder die Umlaufsperiode ist unendlich

Ist endlich g grösser als $\sqrt{\frac{2}{q}}$, so wird die Bahn eine Hyperbel, in welcher, wie in der Parabel, eine Rückkehr zum Anfangspunkte nicht statt findet.

Der Fall wo g kleiner als $\frac{1}{\sqrt{q}}$, findet hier keine Anwendung, denn aus §. 62 geht hervor, dass der umlaufende Körper sich der Sonne nähert, sobald die Geschwindigkeit kleiner ist als die normale für den Kreis, und dass also q nicht der kleinste Abstand wird, was obiger Annahme widerspricht.

§. 67.

Theoretisch betrachtet, steht der Annahme nichts entgegen, dass zu jeder dieser 4 Hauptformen der Bahnen sich Beispiele vorfinden können. Die Werthe welche sich für g im Kreise und der Parabel ergeben, sind festbestimmte, und sie lassen sobald q bestimmt ist, keinen Spielraum mehr zu. Dagegen sind alle Bahnen, die zwischen Kreis und Parabel fallen, elliptische; alle jenseit der Parabel hingegen hyperbolische; beide Formen gestatten also einen beträchtlichen Spielraum, und betrachtet man alle Werthe für g als gleich möglich, so ist die Wahrscheinlichkeit einer genau kreisförmigen oder parabolischen Bahn unendlich gering gegen die einer elliptischen und hyperbolischen. Und in der That, wenn in der Astronomie einige Bahnen (z. B. der beiden innersten Jupitersmonde) als kreisförmige, andre (die meisten Cometenbahnen) als parabolische aufgeführt werden, so heisst dies nichts weiter als dass wir nicht im Stande sind, die jedenfalls geringe Abweichung vom Kreise oder der Parabel aus den Beobachtungen mit Sicherheit zu erkennen. Auch wird die Praxis, bei der Unmöglichkeit absolut genauer Beobachtungen, diese Frage stets unentschieden lassen müssen und sie kann nur die Grenzen angeben, innerhalb deren die sehr kleine Abweichung von Kreis oder Parabel noch fallen könne; ja man wird behaupten müssen, dass beide Bahnformen nur momentan existiren können, da die gegenseitigen Störungen der Himmelskörper sie fortwährend, wenn auch noch so wenig, verändern. Was

jetzt Kreisbahn ist, verwandelt sich schon im nächsten Momente in eine Ellipse von unendlich geringer Excentricität; was Parabel ist, wird eben so entweder in die elliptische, oder in die hyperbolische Form perumtirt.

Hiernach scheint es, als habe die Praxis nur zwischen Ellipse und Hyperbel zu entscheiden, und da der Spielraum für g in der Ellipse $\left(g > \frac{1}{\sqrt{q}} \text{ bis } g < \sqrt{\frac{2}{q}}\right)$ beiderseitig, der für die Hyperbel $\left(g > \sqrt{\frac{2}{q}}\right)$ aber nur einseitig begrenzt ist und man in ihm g so gross setzen kann als man will, so würde folgen, dass die hyperbolischen Bahnen die am häufigsten vorkommen, die elliptischen beträchtlich seltner und die parabolischen und kreisförmigen vollends nur als momentane Durchgangsformen sich zeigen müssten. Aber sehr gewichtige Gründe berechtigen uns zu der Folgerung, dass alle Bahnen geschlossene seien; von den Planetenbahnen ist es wenigstens gewiss, und noch ist keine der übrigen mit Gewissheit als parabolisch oder hyperbolisch nachgewiesen. Ausführlicher wird sich dieser Umstand erörtern lassen, wenn wir zu den Kometen gelangen werden; vorläufig haben wir es nur mit solchen Bahnen zu thun, die mit völliger Bestimmtheit als elliptische anzunehmen sind.

§. 68.

In den bisherigen Betrachtungen waren die Ausdrücke Bewegung und Geschwindigkeit auf lineäre Grössen bezogen worden; es handelte sich darum welchen Weg ein Körper innerhalb einer gegebenen Zeit wirklich zurücklege, ohne Beziehung auf einen besondern Standpunkt des Beschauers. Der Maassstab kann aber auch ein solcher sein, der von einem gegebenen Standpunkte abhängig ist, d. h. man kann angeben unter welchem Winkel eine Bewegung von einem gegebenen Orte aus gesehen, erscheine. Diese Winkelgeschwindigkeit ist also stets eine relative, und der wirklichen nur dann durchweg proportional, wenn die Bahn ein Kreis und der Standpunkt im Mittelpunkte desselben angenommen ist. Bleibt hingegen die Distanz sich nicht gleich, so kann aus einem doppelten Grunde jene Proportionalität nicht stattfinden: der gleiche lineäre Raum wird unter einem kleineren Winkel erscheinen sowohl bei grösserer Entfernung, als auch bei schrägerer Ansicht. Die mittlere Winkelgeschwindigkeit (mitt-

lere tägliche Bewegung, wenn man den Tag als Einheit setzt) erfordert nur die Berücksichtigung der Umlaufszeit; ist letztere $= T$ Tage, so ist die mittlere tägliche Bewegung $= \frac{360^\circ}{T}$; und umgekehrt, wenn die mittlere tägliche Bewegung $= v$ ist so währt der Umlauf $\frac{360^\circ}{v}$ Tage. Häufig wird deshalb statt des Umlaufs und der Entfernung nur diese mittlere tägliche Bewegung als Element der Bahn aufgeführt.

In den Endpunkten der grossen Axe verhalten sich, wie wir gesehen haben, die wirklichen Geschwindigkeiten wie die Entfernungen vom Centralkörper umgekehrt; steht also der Planet im Aphelio n mal weiter von der Sonne als im Perihel, so ist seine Bewegung im Aphel nur $\frac{1}{n}$ derjenigen, die er im letztern Punkte zählt. Aber diese Bewegung erscheint von der Sonne aus, der grössern Entfernung wegen, unter einem n mal kleineren Winkel als die gleiche Quantität im Perihel erscheinen würde. Würde also die Winkelgeschwindigkeit im Perihel als Einheit gesetzt, so würde die im Aphel durch $\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{n} = \frac{1}{n^2}$ ausgedrückt werden müssen.

Man kann aber den Satz, dass sich für denselben Körper die Winkelgeschwindigkeit umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte, allgemein für alle Punkte der Bahn beweisen, da er aus dem Gesetze der gleichen Flächenräume in gleichen Zeiten direkt folgt, die Tangente der Bewegung möge nun einen rechten oder schiefen Winkel mit dem Radius vector machen. Man denke sich ein Dreieck S A B (Fig. 37), und es sei die Grundlinie A B sehr klein gegen A S und B S, mit denen sie einen beliebigen Winkel macht. Man rücke A B, sich selbst parallel, in die doppelte Entfernung von S, so wird im Dreieck S A′ B′ der Winkel an S nur halb so gross als in dem S A B sein, der Flächeninhalt aber dopppelt so gross. Verkürzt man nun A′ B′ so, dass die Dreiecke S A B und S A′ B′ einander gleich werden, so wird offenbar der Winkel an S noch einmal halbirt, und er ist nur ¼ des ursprünglichen. Da nun gleiche Flächenräume zu gleichen Zeiten gehören, so ist in doppelter Entfernung vom Centralkörper die Winkelgeschwindigkeit 4 mal, in dreifacher 9 mal u. s. w. kleiner als in der

einfachen Entfernung, d. h. sie verhält sich wie das Quadrat der Entfernung umgekehrt.

Ist die halbe grosse Axe = a, und die Excentricität (a als Einheit gesetzt) = e, so ist der grösste, mittlere und kleinste Abstand gegeben durch

$$a\,(1+e);\ a;\ a\,(1-e)$$

folglich sind die diesen Punkten zugehörigen Winkelgeschwindigkeiten proportional den Grössen

$$\frac{1}{a^2(1+e)^2};\ \frac{1}{a^2};\ \frac{1}{a^2(1-e)^2}$$

oder wenn man die mittlere Geschwindigkeit $\frac{1}{a}$ als Einheit setzt;

$$\frac{1}{(1+e)^2};\ 1;\ \frac{1}{(1-e)^2}$$

und ist e sehr klein, so dass man e^2 vernachlässigen kann, so wird das Verhältniss

$$1-2e;\ 1;\ 1+2e$$

Betrachtet man die Bewegung aus einem andern Punkte als dem Centro der Kräfte, so werden auch andre Winkelgeschwindigkeiten stattfinden, worüber sich keine allgemeine Regel geben lässt; und bewegt sich dieser Standpunkt selbst, so setzt sich die Winkelgeschwindigkeit aus beiden Bewegungen zusammen. — Einer besondern Erwähnung verdient der sogenannte zweite Brennpunkt der elliptischen Bahn, von dem aus gesehen die Winkelgeschwindigkeit durch die ganze Bahn hin sehr nahe gleich ist, desto näher, je kleiner e gegen a ist.

§. 69.

Die ungleiche Winkelgeschwindigkeit hat natürlich zur Folge, dass die für gleiche Zeitinterwalle berechneten heliocentrischen Oerter eines Planeten ungleiche Differenzen zeigen, die bald grösser bald kleiner sind als diejenigen, welche in einer kreisförmigen Bahn von gleicher Umlaufszeit stattfinden. Man lasse neben dem wirklichen in der elliptischen Bahn umkreisenden Planeten noch in Gedanken einen zweiten im Kreise umlaufen, gebe beiden die gleiche Umlaufszeit und lasse sie gleichzeitig im Perihel stehen. Von diesem ausgehend, wird der fingirte Planet anfangs hinter dem wahren zurückbleiben, da jener sich mit der mittlern, dieser mit der grössten Geschwindigkeit bewegt. Dieses Vorauseilen des wahren Planeten wird zunehmen, so lange er einen Ueber-

schuss der Geschwindigkeit zeigt, und es wird sein Maximum da erreichen, wo die Geschwindigkeit in der wahren Bahn gleich der mittleren geworden ist. Von hier ab wird der Vorsprung des wahren Planeten fortwährend geringer, bis er endlich im Aphelio zu Null wird und er denselben Ort einnimmt, den der fingirte durch seine gleichförmige Bewegung erreicht hat. Von hier ab ist der wahre Planet im Nachzuge, und der Unterschied wird immer grösser, bis die Geschwindigkeit in der wahren Bahn abermals die mitlere geworden ist, und nun vermöge des immer schnelleren Laufes, der wahre Planet dem fingirten wieder näher kommt und im Perihel ihn wieder einholt.

Man nennt den Bogen, welchen der Planet vom Perihel ab zurückgelegt hat (den Standpunkt im Centro der Sonne genommen) die Anomalie des Planeten, und zwar für den fingirten im Kreise laufenden die mittlere Anomalie, für den wirklichen aber die wahre Anomalie. Der Unterschied der wahren und mittlern Anomalie heisst die Mittelpunktsgleichung, und sie erreicht ihren grössten Werth an den Endpunkten der kleinen Axe. Diese Mittelpunktsgleichung ist positiv, wenn die wahre Anomalie grösser als die mittlere ist, also vom Perihel bis zum Aphel, sie ist negativ in der zweiten Hälfte der Bahn. Die grösste Mittelpunktsgleichung ist nahe doppelt so gross als der Excentricitätswinkel (§. 48.), sie lässt sich aus diesem berechnen, und eben so umgekehrt. Wenn man von mittlerer und wahrer Länge spricht, so ist dies in ganz gleicher Art zu verstehen, nur der Anfangspunkt der Zählung ist verschieden: er ist wie bei allen Längen, der Frühlingsnachtgleichepunkt.

Die Aufgabe hingegen, aus der mittlern Anomalie (also aus der Zeit selbst) die wahre zu berechnen, lässt eine völlig direkte Auflösung nicht zu; die Formeln werden zwar sehr einfach, aber gleichwohl transcendent. Nennt man T die Zeit des Perihels, t die für welche man rechnet, sei ferner m die mittlere tägliche Bewegung, so wird m (t — T) die mittlere Länge sein. Führt man nun einen Hülfswinkel E (die sogenannte excentrische Anomalie) ein und nennt die wahre Anomalie v, so sind die Formeln:

$$E - e \sin E = m\,(t - T)$$

$$\operatorname{tg} {}^1\!/\!_2\, v = \operatorname{tg} {}^1\!/\!_2\, E \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}.$$

Die numerische Auflösung dieser Formeln ist ungemein leicht und einfach, wenn *v* gegeben ist und die mittlere Anomalie m (t — T) gesucht wird: die Astronomie bedarf aber einer Lösung für den umgekehrten Fall, und eine solche kann, wie schon *Kepler* vermuthete, nicht direkt gefunden werden, „propter arcus et sinus heterogeneitatem," wie er sich in der Aufstellung des nach seinem Namen genannten Problems ausdrückt. Die Schwierigkeit liegt darin, dass man gleichzeitig den unbekannten Bogen E und seinen mit einen bekannten Coefficenten multiplicirten Sinus finden soll. Liesse sich der Sinus in einem endlichen Ausdrucke durch den Bogen darstellen, so bliebe gar keine Schwierigkeit übrig; dies ist aber bekanntlich nicht der Fall und man kann den Sinus nur durch eine Reihe, welche nach Potenzen des Bogens fortschreitet, ausdrücken. Es bleibt demnach für die Praxis nichts übrig, als entweder das *Kepler*sche Problem wirklich umzukehren und nicht aus der mittlern Anomalie die wahre, sondern aus der wahren die mittlere zu suchen: oder durch Hülfe der höhern Analysis den obigen Ausdruck in eine unendliche Reihe zu entwickeln und alsdann so viel Glieder der Reihe zu berechnen, als erforderlich sind um den verlangten Grad der Genauigkeit zu erreichen.

Bei der Umkehrung des Problems denkt man sich also die wahre Annomalie *v* als gegeben, berechnet aus ihr und der Excentricität e nach der zweiten Gleichung, die für diesen Zweck in $\operatorname{tg} \frac{1}{2} E = \operatorname{tg} \frac{1}{2} v \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$ umgeformt wird, den Hülfswinkel E, und aus diesem nach der ersten Formel die mittlere Anomalie m (t — T) oder die Zeit t selbst. Es ist nun nicht anzunehmen, dass das so gefundene t mit dem gegebenen, für welches *v* gesucht wird, übereinstimme, denn in diesem Falle müsste man durch ein glückliches Errathen das richtige *v* gleich anfangs getroffen haben, man wird aber sogleich sehen ob das angenommene *v* zu gross oder zu klein war, und (da auch der ungefähre Betrag der Abweichung sich schätzen lässt) mit einem neuen *v*, das der Wahrheit näher als das erste kommt, die Rechnung wiederholen. Die Vergleichung des so gefundenen zweiten Werths für t mit dem ersten und mit der Zeit, für welche man *v* sucht, wird nun noch sichrer als vorhin zu einem dritten Werthe von *v* gelangen lassen, den man abermals in Rechnung nimmt und so fortfährt, bis man die Wahrheit getroffen. Ein geschickter Rechner wird selten mehr

als drei Näherungen bedürfen um auf einen Werth von *v* zu kommen, der alle verlangte Schärfe besitzt.

Da übrigens von den beiden obigen Gleichungen nur die erste transcendent ist, so erleichtert man sich die Versuche sehr, wenn man nicht von *v*, sondern von E ausgeht. Man nehme also einen beliebigen, der vorläufigen Schätzung nach wenigstens möglichen Werth von E an und berechne t; vergleiche dies mit dem t wofür *v* verlangt wird und nehme hiernach ein neues E an u. s. w.; welche Versuche leicht und schnell zum Ziele führen. Mit dem richtigen E berechnet man dann aus der zweiten Gleichung den Werth für *v*.

§. 70.

Bei diesem Verfahren entsteht noch die Frage wie man das zweite Glied der Formel e sin E zu verstehen habe? e ist eine lineäre Grösse, sin E eine reine Zahl, das Produkt beider kann also nur ebenfalls eine liniäre Grösse werden und diese soll mit einer Winkelgrösse E zusammengestellt werden, was absurd ist und keinen Sinn giebt. Allein e bezeichnet in dieser Zusammenstellung auch nicht eigentlich die Linie, sondern einen gleich grossen Bogen, wenn man den Radius als Einheit setzt, wie man für e selbst die halbe grosse Axe des Planeten als Einheit genommen hat. Hierbei kommt es darauf an, die Grösse des Kreisbogens zu kennen, welcher rectificirt dem Radius gleich ist, und dieser ist $= 57^{\circ}17'44'',8$, oder in Sekunden ausgedrückt $= 206264'',8$, welche allgemeine Constante durch ω bezeichnet wird und in astronomischen Rechnungen sehr häufig gebraucht wird. Der streng richtige Ausdruck obiger Formel ist also

$$E - \omega .\, e \sin E = m\,(t - T)$$

und nun ist (so lange die Excentricität selbst sich nicht verändert) für denselben Planeten das Produkt ω e constant, und wird also in jeder folgenden Näherung oder ganz neuen Rechnung unverändert wieder gebraucht. Man kommt in der Regel desto schneller zum Ziele, je kleiner e ist.

Ein Beispiel möge das Gesagte erläutern.

Mars stand in seinem Perihel 1840 am 8. Januar $9'44'0''$ mittlere Berliner Zeit; seine Excentricität ist 0,0932168, seine Umlaufszeit 686,97964 Tage, in welchem Grade der wahren Anomalie wird er am 24. April um $13^{h}25'15''$ desselben Jahres stehen?

t	= April	24	13h	25′	15″
T	= Jan.	8	9	44	0
t — T	=	107	3	41	15
	= 107,15365 Tage				

Mittlere tägliche Bewegung $m = \frac{360}{686{,}97964} = 31'26'',519$

log m (in Minuten) = 1.4975099.
log (t — T) = 2.0300070

log m (t — T) = 3.5275169
m (t — T) = 56°9′7″,4.

log e = 8.9694943 — 10
const. log ω = 5.3144252

log ωe in Sekunde = 4.2839195
ωe = 19227″,04 = 5°20′27″,04

Erste Näherung: $E = 60°$. (Man sieht leicht, dass im 1. und 2. Quadranten E grösser sein müsse als $m\,(t - T)$, dass es aber dieses nie um mehr als ωe übertreffen könne, es muss also zwischen $56°9'7'',4$ und $61°29'34'', 44$ fallen).

$$\begin{aligned} \log.\ \sin.\ 60° &= 9.9375306 \\ \log.\ \omega e &= 4.2839195 \\ \hline 4.2214501 &= \log.\ 16651'',33 \\ &= 4°37'31'',33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 60 - 4°37'31'',33 &= 55°22'28,67 \\ m\,(t-T) &= 56\ \ 9\ \ 7,4 \\ \hline \text{Fehler}\ - &\ \ 46'38''73 \end{aligned}$$

Man wird also in der zweiten Näherung E grösser als 60° setzen müssen, und da man leicht sieht, dass alsdann auch sin. E (da E im ersten Quadranten liegt) und ωe sin. E wachsen, folglich der Abzug grösser als vorhin werden wird, so wird man E um etwas mehr als $46'38,73$ zu vermehren haben.

Zweite Näherung: $E = 60°50'$.

$$\begin{aligned} \log.\ \sin.\ E &= 9.9411166 \\ \log.\ \omega e &= 4.2839195 \\ \hline 4.2250361 &= \log.\ 16789'',43 \\ &= 4°39'49'',43. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 60°50 - 4°39'49''43 &= 56°10'10'',57. \\ m\,(t-T)\ &56.\ \ 9\ \ 7,\ \ 4. \\ \hline \text{Fehler}\ + &\ \ 1'\ 3'',17 \end{aligned}$$

Wir sind also schon der Wahrheit beträchtlich näher gekommen, und können das neue dritte E auf folgende Art sehr scharf bestimmen:

$$\begin{aligned} E = 60°\ \text{gab} \ldots\ldots &\ 55.\ 22.\ 28,67. \\ E = 60°\ 50' \ldots\ldots &\ 56.\ 10.\ 10,57. \\ \hline \text{Differenzen}\ +\ 50' \ldots + &\ \ 47'\ 41,9. \end{aligned}$$

Die zuletzt gebliebene Differenz aber war $+ 1'\ 3''; 17$; also setze man

$$47'\ 41'',9 : -1',\ 3'',\ 17 = 50' : \Delta E$$

$$\begin{aligned} \log.\ -63'',\ 17 &= 1.\ 80051\,n \\ \log.\ 50'\,\text{in Sek.} &= 3.\ 47712 \\ \hline &\ \ \ 5.\ 27763\,n \\ \log.\ 2861'',\ 9\ &\ \ \ 3.\ 45665 \\ \log.\ \Delta E &= 1.\ 82098\,n \\ \Delta E &= -\ 66'',22. \end{aligned}$$

Dritte Näherung:

$$E = 60°50' - 1'6''22 = 60°48'53'',78$$

$$\begin{aligned}
\log.\ \sin.\ E &= 9.\ 9410387 \\
\log.\ \omega\ e &= 4.\ 2839195 \\
& \overline{4.\ 2249582} = \log.\ 16786'',42 \\
& = 4°\ 39'\ 46'',42
\end{aligned}$$

$$60°\ 48'\ 53'',78 - 4°\ 39'\ 46'',42 = 56°\ 9'\ 7'',36$$

$$m\ (t - T) = 56\ \ 9\ \ 7,\ \ 4$$

$$\text{Fehler} \quad - \quad 0'',04$$

Wir haben also m (t — T) bis auf eine halbe Zehntelsekunde getroffen, und da man aus obiger Proportion sieht, dass einer Differenz von 0″, 04 in m (t — T) auch eine von 0″, 04 in E entsprechen werde, so ist endlich das bis auf Hundertelsekunden streng richtige E = 60° 48′ 53″, 82.

Die weitere Rechnung ist nun folgende:

$$\begin{aligned}
1 + e = 1,0932168;\ \log.\ 1 + e &= 0.\ 0387063 \\
1 - e = 0,9067832;\ \log.\ 1 - e &= 9.\ 9575034 \\
& \overline{0.\ 0812029} \\
& \quad 2) \\
\log.\ \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} &= 0.\ 0406014 \\
\text{tg.}\ \tfrac{1}{2}\ E = \text{tg.}\ 30°\ 24'\ 26'',\ 91 &= 9.\ 7685337 \\
\log.\ \text{tg.}\ \tfrac{1}{2}\ v &= 9.\ 8091351 \\
\tfrac{1}{2}\ v &= 32°\ 47'\ 47'',43 \\
v &= 65°\ 35'\ 34'',86
\end{aligned}$$

für die wirkliche Praxis treten noch bedeutende Erleichterungen ein: berechnet man z. B. eine Folge von Oertern für gleiche Zeitintervalle, so werden die Differenzen von E und m (t — T) auch einen gesetzmässigen Gang befolgen müssen; und nun wird der zuerst berechnete Ort schon einigermassen die Berechnung des zweiten, diese beiden zusammen noch weit mehr die des dritten u. s. w. erleichtern, d. h. man wird Mittel finden, gleich die erste Näherung so nahe zutreffend zu machen, dass man durch eine sehr unbedeutende Correction ohne weitere Rechnung den richtigen Werth von E erhält; und dies wird um so mehr der Fall sein, je kleiner e ist.

§. 71.

Will man hingegen diese approximative Rechnung vermeiden und *v* direkt finden, so muss man sich, wie bereits erwähnt, den transcendenten Ausdruck in eine unendliche Reihe entwickeln, in denen jedes folgende Glied kleiner (und zwar

möglichst viel kleiner) als das vorhergehende ist. Da e stets ein ächter Bruch ist (wenigstens in allen geschlossenen Bahnen), so wird man die Reihe so zu bilden haben, dass sie nach Potenzen von e fortläuft, denn höhere Potenzen eines Bruches sind stets kleiner als die, deren Exponent geringer ist. Wenn e näher an 1 als an Null liegt, so würde die Abnahme der Glieder für die Praxis zu langsam sein, man kann aber dann eine andre, die nach Potenzen von (1 — e) fortläuft, anwenden (der letzte Fall tritt ein bei allen bis jetzt bekannten Kometen, so weit sie eine solche Berechnung zuliessen, während alle Planetenbahnen in den zuerst betrachteten gehören). Da die Planetenephemeriden eine sehr häufige Anwendung dieser Formeln erfordern, so hat man Tafeln für die Mittelpunktsgleichung eines jeden Planeten aufgestellt, die dann nur eine einfache Interpolation erfordern, um aus der mittlern Anomalie die wahre ohne weitere Rechnung finden zu lassen, indem man nur die Mittelpunktsgleichung (mit Berücksichtigung ihres Zeichens) der mittlern Anomalie hinzufügt und daraus sofort die wahre erhält.

Bei keinem der bekannten Planeten erreicht die Mittelpunktsgleichung 30 Grad. Für die Erdbahn ist sie gegenwärtig 1° 55′ 27″, 6 in ihrem Maximo und für Venus ist sie noch geringer. Sehr gering ist sie für die Jupiterstrabanten, wo sie für den 4ten nur auf 50′ 2″, für den dritten auf 9′ 14″ steigt und für den ersten und zweiten durchaus unmerklich ist, so dass wir diese Bahnen für die Praxis als kreisförmige betrachten müssen.

§. 72.

Für die Entfernung des Planeten r von der Sonne, wenn die mittlere Entfernung a bekannt ist, ergiebt die Theorie

$$r = a\ (1 - e\ \cos. E)$$

oder, wenn man v auf einem Wege gefunden hat, bei welchem der Hülfswinkel E nicht entwickelt wurde,

$$r = \frac{a\,(1 - e^2)}{1 + e \cos. v}$$

Die Grösse a $(1 - e^2)$ heisst auch der Porameter der Bahn, und ist diejenige Linie, welche im Brennpunkte normal auf die grosse Axe errichtet und bis zur Pheripherie verlängert wird.

Beispiel.

Für Mars ist a = 1,523691, man sucht den Radius vector für die oben §. 70 angegebene Zeit. Die vorstehende Rechnung ergab:

$$E = 60^\circ\, 48'\, 53'', 82$$

demnach log. cos. E =	9. 6880921
log. e =	8. 9694943
	8. 6575864
Zahl	0, 0454555
1 — e cos. E	0, 9545445
tag.	9. 9797961
log. a	0. 1828970
log. r	0, 1626931
r =	1, 454431

Nach der zweiten Formel stände die Rechnung so:

log. cos. $65^0\ 35'\ 34'', 86 = 9.6161765$	log. $e = 8.9694943$	Dieser Theil der Rechnung ist constant gültig für ein constantes e.
log. e 8.9694943	log. $e^2 = 7.9389886$	
8.5856708	$e^2 = 0,0086894$	
Zahl $0,0385186$	$1 - e^2 = 0,9913106$	
$1 + e \cos. v$ $1,0385186$	log. $1 - e^2 = 9.9962098$	
	log. $a = 0.1828970$	
	log. $a\ (1 - e^2) = 0.1791068$	
log. $(1 + e \cos. v)$	$= 0.0164143$	
	log. $r = 0.1626925$	
	$r = 1,\ 454429.$	

Im Mittel aus beiden Methoden also $r = 1,454430$

§. 72.

Im Bisherigen haben wir stets nur einen Central- und einen umkreisenden Körper betrachtet, in welchem Falle die Bahnen reine Kegelschnitte werden. Wenn aber mehr als zwei Körper in solcher Nähe stehen, dass ihre Anziehungen auf einander merklich werden können, so ist die Aufgabe, ihre Bewegungen zu bestimmen, viel verwickelter. Schon das sogenannte Problem der drei Körper ist nicht nur noch nicht gelöst, sondern auch noch kein Weg gefunden worden auf dem eine einstige Lösung zu erwarten wäre. Alles was man bis jetzt geleistet hat, besteht darin, dass man näherungsweise die Bewegungen der Körper bestimmt für den Fall dass einer derselben, der Centralkörper, entweder durch seine Masse oder seine grosse Nähe die andern auf denselben Körper einwirkenden bei weitem überwiegt, und die Praxis kann sich für jetzt mit dieser beschränkten Auflösung begnügen, da im System unsrer Sonne und der Partialsysteme einzelner Planeten dieser Fall ausschliesslich vorkommt. Man betrachtet nämlich die gleichzeitigen Wirkungen verschiedner Körper auf einen derselben gesondert, indem man zuerst die einfache Bewegung um den Centralkörper, wie im Vorstehenden angedeutet worden, bestimmt, und sodann die Wirkungen der übrigen, jeden für sich betrachtet. Die Summe dieser Wirkuugen bestimmt sodann die wahre Bewegung des Körpers. Bei diesem Verfahren trennt man also das, was in der Natur vereinigt ist, und man lässt gleichsam aufeinanderfolgen, was gleichzeitig stattfindet, und schon hierin liegt eine Quelle von Ungenauigkeiten, die freilich in den meisten Fällen verschwindend klein sind. Eine andre und wesentlichere entspringt aus der Nothwendigkeit, die Formeln, um sie praktisch anwendbar zu machen, in Reihen zu entwickeln, von denen man nur die Anfangsglieder nehmen kann, da selbst bei einer sehr mässigen Anzahl von Körpern die aufzulösenden Gleichungen unübersehbar weitläuftig und verwickelt werden, und gar kein Ende der Rechnung abzusehen wäre, wollte man nicht, in der Theorie wie bei der praktischen Anwendung, diejenigen Glieder welche im Vergleich zu den andern nur unbedeutend auf das Resultat einwirken, weglassen. Man bezeichnet diese die Einfachheit unsrer Berechnungen beeinträchtigenden Wirkungen der ausser dem Centralkörper noch vorhandenen Massen mit dem Namen Störungen (Parturbationen), ein Name, der bei Vielen Anstoss gefunden hat, die in dem Wahne standen es solle eine Unterbrechung der Ordnung und Harmonie in der

Schöpfung Gottes dadurch angedeutet werden. Die Ordnung der Natur, die sich in den Bahnen der Weltkörper wie im Wachsthum der Pflanze offenbart, wird nie gestört: alles erfolgt nach Gesetzen, und lässt sich vorherbestimmen sobald die Gesetze klar erkannt und die wirkenden Kräfte gegen einander abgewogen sind. Es findet sich in der That für diese Ueberwirkungen, bei der Art wie wir sie betrachten, kein passenderer Name. Der Ausdruck Veränderung umfasste zu viel, Abweichung, Anomalie u. dgl. haben in der Astronomie bereits ihre fest bestimmte anderweitige Bedeutung und können ohne Missverstand nicht auf sie bezogen werden, und so bleibt uns hier wie so oft in der Astronomie sowohl als in andern Wissenschaften, nichts übrig als einen wenn gleich nicht in allen Beziehungen passenden Namen beizubehalten.

§. 73.

Wenn einerseits diese Störungen das Geschäft des Astronomen nicht wenig erschweren und ihn oft zu jahrelangen Rechnungen nöthigen, um eine Erscheinung wie z. B. die des *Halley*schen Cometen vorherzubestimmen, so sind sie andrerseits das beste und oft das einzige Mittel, die Körper unsres Sonnensystems nach ihrer Masse und allen übrigen davon abhängigen Verhältnissen kennen zu lernen. Wir würden mit der gesammten Constitution unsers Systems nur höchst unvollkommen bekannt sein, wir würden nicht vermögen in die entfernteste Vorzeit zurückzugehen, noch die Erscheinungen der spätesten Zukunft voraus zu bestimmen, wenn unsre Beobachtungen uns diese Störungen nicht erkennen liessen und uns dadurch Veranlassung gäben, mit Aufbietung aller Kräfte die Theorie der Bewegungen in ihren feinsten Nüancen darzustellen. Schon der Urheber des allgemeinen Weltgesetzes entwickelte mehrere hierher gehörende Folgerungen desselben, indem er namentlich die Bahn des Mondes und ihre Veränderungen aus den störenden Wirkungen der Sonne bestimmte. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts haben sich *Clairaut*, *Lagrange*, *Euler*, *T. Mayer*, *Laplace*, *Poisson*, *Pontécoulant*, *Plana*, *Bessel*, *Gauss*, *Hansen* u. a. mit immer schärferer und weiter ausgedehnter Entwickelung dieser Störungen beschäftigt und ihre Arbeiten sind unvergängliche Denkmäler des menschlichen Scharfsinnes, der die ungeheuersten Schwierigkeiten bewältigt und in die tiefsten Geheimnisse der Schöpfung mit dem Lichte der Wissenschaft eindringt. Selbst neue ungeahnte Entdeckungen sind durch diese Untersuchungen gemacht wor-

den: so hat *Encke* die Existenz eines im Weltraum zerstreuten widerstehenden Mittels nachgewiesen, was ohne die genaueste und schärfste Untersuchung der Störungen des nach ihm genannten Cometen wahrscheinlich für immer verborgen geblieben wäre. Und wenn wir behaupten können, dass gegenwärtig die Grundlagen der Astronomie für ewige Zeiten unerschütterlich feststehen; wenn wir nachzuweisen im Stande sind dass in allen, auch den kleinsten Theilen des unermesslichen Ganzen die schönste, dauerndste, ungestörte Harmonie herrsche, so sind es die Arbeiten der genannten Forscher, denen wir dieses glänzende Resultat verdanken.

§. 74.

Es kann nicht erwartet werden hier eine ausführliche Entwickelung und wissenschaftliche Darstellung der Störungstheorie zu geben. Nur die allgemeinsten Formen, unter denen die Porturbationen sich zeigen, und ihre hauptsächlichsten Wirkungen insbesondere auf die Bahn unsers Mondes mögen hier Erwähnung finden.

Zwei Körper A und B mögen in Folge ihrer gegenseitigen Anziehung in einem gegebenen Moment die Lagen A′ und B′ einnehmen (Fig. 38.) und es komme nun ein dritter Körper C hinzu, der in C′ stehend auf beide wirkt. Die Anziehung, die er auf B ausübt, versetze diesen von B′ nach b′, und die auf A ausgeübte von A′ nach a′. Da A weiter als B von C entfernt ist so muss auch die Anziehung auf A schwächer sein, und die Linie A′a′ ist kleiner als B′b′. Daraus aber folgt nothwendig, dass die Entfernung a′b′ grösser sein müsse als A′B′ und dass also die Körper A und B, in Folge der Anziehung die beide von C erleiden, weiter von einander entfernt sein müssen als sie ohne diese Anziehung wären.

Man versetze nun den Körper C nach c″, so wird er den Körper B aus B′ nach b″, und A aus A′ nach a″ versetzen. Die Linie B′b″ und A′a″ werden also nach c′ zu convergiren, woraus wenn beide in völlig oder doch beiläufig gleichem Abstande von c″ stehen, nothwendig hervorgeht, dass a″b″ eine kürzere Distanz sei als A′B′. So kann ein dritter Körper den Abstand zweier andern wechselsweise vermindern und vermehren.

Mit einer Verminderung oder Vermehrung des Abstandes zweier Körper ist aber auch eine Veränderung in der Wirkung, die sie auf einander ausüben, verbunden. Die Geschwindigkeit der Bewegung des Körpers B in seinem Umlauf um A (oder

A um B) wird sich vermindern wenn der dritte (störende) Körper in C′ steht, sie wird sich vermehren müssen, wenn er in c″ steht. So wirken Störungen nicht allein auf den Radius Vector, sondern auch auf die Länge des Körpers in seiner Bahn.

Allgemein betrachtet, verhalten sich die Störungen wie der Cubus der Entfernung umgekehrt. Man setze z. B. A′B′ $= \frac{1}{400}$ B′C′ (wie es beiläufig bei Erde, Mond und Sonne der Fall ist), wenn A den Mond, B die Erde, C die Sonne bedeutet. Man nehme die Distanz A′B′ zur Einheit an, so ist B′C′ $= 400$ und A′C′ $= 401$. Sei die Wirkung von C auf B $=$ m, so ist die von C auf A $= \frac{400^2}{401^2} \cdot m$ oder sehr nahe $= \frac{199}{200}$ m; also die Differenz beider Wirkungen (die eigentliche Störung) $= \frac{1}{200}$ m.

Man setze nun C in die doppelte Entfernung, so ist die Wirkung auf B $= \frac{1}{4}$ m, die auf A $= \frac{800^2}{801^2} \cdot \frac{1}{4}$ m oder nahe $\frac{399}{400} \cdot \frac{1}{4} \cdot$ m. Der Unterschied beider Anziehungen ist demnach $\frac{1}{1600}$ m $= \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{200}$ m, folglich die Störung für die doppelte Distanz des störenden Körpers 8 mal, also für die n fache Distanz n^3 mal geringer als für die einfache.

Ein ähnliches Resultat wird man für den zweiten Fall, wo die Störung von der Seite her erfolgt, finden. Entfernt sich der störende Körper um das n fache, so werden beide Anziehungen, B′b″ und A′a″, auf das $\frac{1}{n^2}$ fache ihres frühern Betrages herabsinken. Aber auch der Winkel ACB, der die Convergenz der Linien erzeugt, sinkt auf $\frac{1}{n}$ seines frühern Werths zurück. Sei der ursprüngliche Winkel in der einfachen Distanz $= \varphi$, so ist die Verminderung der Distanz A′B′ durch die Versetzung nach a″ und b″ $=$ A′a″ sin φ, in der n fachen hingegen $\frac{1}{n^2}$.

$A'a''$ sin. $\left(\frac{1}{n}\varphi\right)$. Ist φ sehr klein so kann man ohne merkliche Fehler sin. $\left(\frac{1}{n}\varphi\right) = \frac{1}{n}$ sin. φ setzen, also ist die Störung für die n fache Entfernung $\frac{1}{n^3}$. $A'a''$ sin. φ, folglich nur $\frac{1}{n^3}$ der früheren.

Während demnach die Anziehungen sich wie die Quadrate der Entfernungen umgekehrt verhalten, verhalten sich die Störungen (Differenzen der Anziehung) wie der Cubus der Entfernung des störenden Körpers umgekehrt, wenn die Distanz der beiden Körper, die beziehungsweise zu einander Störungen erleiden, als Einheit gesetzt wird. Diese Regel ist freilich weder in aller Strenge, noch für alle und jede Art der Störungen gültig, sie kann aber nichts destoweniger zu einer allgemeinen Uebersicht dienen wo es darauf ankommt, den Betrag einer Störung vorzugsweise zu schätzen und zu entscheiden, ob eine solche noch merklich sei.

§, 75.

Eine andre Wirkung der Störungen besteht in der Verschiebung derjenigen Punkte, in denen eine Bahn eine andre, z. B. die Ekliptik, schneidet. Es sei AB (Fig. 39.) eine Linie in der Ebene der Ekliptik, die hier senkrecht auf die Fläche des Papiers stehend gedacht werden muss, und ein andrer Körper (etwa der Mond) durchlaufe einen Theil seiner Bahn NK, so dass in K sein Knoten liegt und NKB gleich dem Neigungswinkel beider Bahnebenen ist. Den störenden Körper, z. B. die Sonne denke man sich am Ende einer in K, normal auf der Ebene des Papiers, errichteten Perpendikulare KS. Die Störung welche sie auf den in N befindlichen Mond ausübt, wird nun eine Neigung gegen die Ekliptik haben, und man kann sie deshalb sich nach zweien Richtungen zerfällt denken, deren eine normal auf die Fläche des Papiers in die Ebene der Ekliptik fällt und identisch mit der im vorigen §. betrachteten Störung ist, die andre dagegen senkrecht auf der Ekliptik steht und die Richtung NB hat, übrigens fast in allen Fällen die bei weitem kleinere der beiden Coordinaten ist. Indem solchergestalt der Mond in jedem Punkte seines Weges zwischen N und K′ näher nach AB hin gezogen wird als er in seiner ungestörten Bahn laufen würde, beschreibt er statt NK

den Weg NK' d. h. er erreicht die Ekliptik in einem geringeren Grade der Länge, als ausserdem geschehen wäre, und zugleich der Zeit nach früher, was man mit dem Ausdruck Zurückweichen der Knoten bezeichnet hat. Es hat zugleich den Anschein als müsse durch die Veränderung von NK in NK' die Neigung vergrössert werden, da Winkel NK'B > Winkel NKB. Allein da nach dem Durchgange durch K' sich die Richtung der Störung umkehrt, so wird durch die einander entgegengesetzten Lagen der Winkel wechselsweise um nahe gleichviel verkleinert und vergrössert, und so bleiben für den Werth der Neigung nur Schwankungen um eine mittlere Constante übrig, während das Zurückschieben der Knoten sich nach jedem halben Umlauf in gleichem Sinne wiederholen muss.

Eine genauere und mehr ins Einzelne gehende Betrachtung zeigt übrigens, dass das erwähnte Zurückweichen in manchen Fällen (z. B. während der Körper in einen seiner Knoten selbst steht) gleich Null wird, in andern selbst in die entgegengesetzte Wirkung, ein Vorwärtsschieben, übergeht. Im Allgemeinen jedoch kommt die Gesammtwirkung nach einem oder mehreren vollen Umläufen des gestörten Körpers stets auf ein Zurückschieben der Knoten hinaus, welches in einigen Fällen sehr schnell, in andern fast unmerklich langsam vor sich geht.

§. 76.

Eine ähnliche Bewandniss hat es mit dem Phänomen, welches unter dem Namen Vorrückung der Nachtgleichen bekannt ist, schon von *Hipparch* wahrgenommen wurde und durch alle späteren Beobachtungen sich bestätigt hat. Als nämlich *Hipparch* seine Beobachtungen mit den etwa 150 Jahr älteren des griechischen Astronomen *Timocharis* verglich, bemerkte er dass zwar die Breiten der Sterne im Ganzen unverändert geblieben waren; die Längen jedoch sämmtlich um etwa 2 Grad zugenommen hatten. Es konnte nicht Sache jenes frühen Zeitalters sein eine genetische Erklärung aufzustellen, man hielt sich also vorläufig an die einfache Thatsache und nannte es eine Vorrückung (Praecession) welcher Name beibehalten worden ist.

Man würde vergeblich nach einer Ursache sich umsehen, welche das gesammte Heer der Fixsterne, die in den allerverschiedensten Entfernungen und Richtungen gegen unsre Erde stehen, veranlassen sollte sich allesammt um eine gleiche Winkelgrösse (50¼ Sekunde jährlich) und zwar genau in der Richtung der Ebene der Erdbahn, fortzuschieben, und es ist

leicht einzusehen dass eine viel einfachere Annahme zur Erklärung ausreicht: man lasse nämlich den Anfangspunkt der Zählung sich nach rückwärts schieben, so werden gleichfalls alle Längen grösser, und keiner der Sterne hat seinen Ort verändert.

Dieser Anfangspunkt unsrer Zählung ist aber der Durchschnittspunkt des Erdäquators mit der Ebene der Erdbahn, und das Phänomen ist also wesentlich eins mit dem was wir oben als Zurückschieben der Knoten bezeichnet haben. Wäre die Erde eine entweder absolut oder doch in Beziehung auf ihre einzelnen Schichten homogene Kugel, so würden alle Anziehungen, welche sie von irgend einem ausserhalb befindlichen Körper erfährt oder auf diesen ausübt, so gedacht werden können als wären sie im Mittelpunkte der Kugel vereinigt. Allein die Erde ist ein Sphäroid, dessen kleine Axe (die Rotationsaxe) gegen die Ekliptik unter einem schiefen Winkel geneigt ist. Man nehme aus diesem Sphäroid die grösstmöglichste Kugel heraus, so bleibt eine Schale übrig, deren Dicke an den Polen gleich Null ist und am Aequator im Maximum (3 geogr. Meilen etwa) erreicht, und die sich also nahe eben so verhalten wird wie ein den Aequator der Kugel umgebender Ring. Dieser Ring nun macht innerhalb 24 Stunden einen Umlauf, bei welchem er von dem Monde, der Sonne und andern störenden Körpern (die sämmtlich nahe in der Ebene der Ekliptik stehen) eine Störung erleidet, ähnlich der welche wir §. 75. betrachtet haben, und deren Wirkung also darauf hinauskommt, dass die Punkte, in denen Aequator und Ekliptik sich schneiden, rückwärts geschoben und früher erreicht werden, als ausserdem geschähe. Vermöge dieses Rückwärtsschiebens, welches jetzt jährlich 50″,233 beträgt, kommen die Nachtgleichenpunkte innerhalb 26000 Jahren nach und nach in alle Punkte der Ekliptik zu stehen, der Aequator durchschneidet allmählich andre Sternbilder, der Pol des Aequators ändert gleichfalls seine Stelle am Fixsternhimmel allmählich, indem er in 26000 Jahren einen Kreis um den Pol der Ekliptik beschreibt, und das tropische Jahr (die Zeit von einer Nachtgleiche zur andern) ist kürzer als das siderische (die wahre und eigentliche Umlaufszeit in Bezug auf feste Himmelspunkte). Gegenwärtig ist das tropische Jahr um 20′22″,9 kürzer als das siderische; nach 100 Jahren wird es um 20′23″5, kürzer als dieses sein.

§. 77.

Eine andre Wirkung der Störungen erblicken wir in der

Veränderung derjenigen Punkte, in welchen ein Planet der Sonne am nächsten oder entferntesten steht. Wir haben oben §. 62. gesehen, dass die Form der Bahn durch die ursprüngliche Richtung der Bewegung und durch das Verhältniss der Schwerkraft zur Bewegung bestimmt werde. So lange dieses Verhältniss dasselbe bleibt wird auch die Form der Bahn sich nicht ändern. Wenn aber durch eine von aussen wirkende (perturbirende) Kraft sich entweder die Bewegung oder die Schwerkraft, oder auch beides, aber in ungleichem Maasse, verändert, so wird auch jenes Verhältniss ein andres und es muss sich also eine andre Lage der Bahn erzeugen. Ein Planet eile (Fig. 40.) seinem Perihel P zu, und man lasse die Schwerkraft, mit der er gegen die Sonne gravitirt, durch irgend eine von einem dritten Körper ausgehende Kraft vermindert werden, so wird er, wenn er in P anlangt, noch nicht seine grösste Sonnennähe erreicht haben, sondern diese wird erst in einem weiter liegenden Punkte P′ eintreten, die Lage der grossen Axe ist also dadurch aus PSA in die P′SA′ übergegangen und er wird nicht seine vorige Bahn, sondern die punktirt bezeichnete einschlagen. Eine Vermehrung der Schwerkraft, oder auch eine Verzögerung der Bewegung in der Bahn, würde das Gegentheil zur Folge haben, der Planet erreichte dann früher sein Perihel und die Axe hätte sich gleichfalls verschoben, aber in umgekehrtem Sinne.

Die porturbirenden Wirkungen sind nun, je nach der gegenseitigen Lage der einzelnen Weltkörper, zu verschiedenartig als dass sich eine allgemeine Regel für die Veränderungen, welche der Ort des Perihels erleidet, aufstellen liesse: die Untersuchungen zeigen jedoch, dass im Ganzen genommen die Perihelien sich mehr vor- als rückwärts schieben. Bei unserm Monde ist dies in sehr grossem Maasse der Fall, schon in etwas über 8 Jahren schieben sich die Punkte, in denen er seine Erdnähe erreicht, am ganzen Himmel herum und die Zeit von einem Perihel zum andern ist mehrere Stunden länger, als die seines periodischen Umlaufs. Bei den Planeten ist dies jedoch

*) Natürlich kann S nicht in der Figur gegeben werden, oder man müsste eine Darstellungsweise wählen welche bei dem Leser die genaue Kenntniss der Perspektive voraussetzt. Ich habe es in diesem und ähnlichen Fällen vorgezogen, mich direkt und einfach an seine Imagination zu wenden, wer jedoch damit nicht ausreicht, möge sich eines körperlichen Modells zur Versinnlichung bedienen.

erst in vielen Jahrtausenden der Fall, so rückt z. B. das Aphelium der Erde in einem Jahre nur 11″ siderisch fort und bedarf über 100000 Jahre, um seinen Cyclus zu vollenden und wieder an demselben Punkte des Himmels, wie vorhin, zu stehen.

Die Verschiebung der Knoten und Perihelien lässt, wie man leicht sieht, den Bestand des Planetensystems im Ganzen unverändert. Da mit der Veränderung des Knotens nicht nothwendig eine Veränderung der Neigung selbst, noch mit der des Perihels eine ähnliche der Excentricität verbunden ist, so bleiben von dieser Seite sowohl die Form als die Lage der Bahn dieselbe wie früher. Auch wird es leicht sein, diese Veränderungen, so man sie als gleichförmig annehmen kann, bei Planetenrechnungen zu berücksichtigen, indem man bei jedem Orte ein andres Perihel und einen andern Knoten zum Grunde legt; und eben deshalb pflegen auch diese Veränderungen häufig gar nicht als eigentliche Störungen aufgeführt zu werden. Es frägt sich nun aber, ob nicht auch die andern Elemente, also die halbe grosse Axe und die damit zusammenhängende Umlaufszeit, die Neigung, die Excentricität, endlich der Winkel den die Aequatoren der Planeten mit ihren Bahnen machen, Aenderungen erfahren. Man sieht leicht, dass diese letztern, wenn sie stattfinden, von weit wesentlicherem Einflusse sowohl auf die Constitution des gesammten Systems, als auf die physischen Verhältnisse eines jeden Planeten insbesondere sein müssen, und dass daher die Betrachtung dieser Störungen noch eine von der astronomischen ganz unabhängige Bedeutung habe, ja die eigentliche Lebensfrage sowohl des unsrigen als der übrigen Planeten in sich begreife. Wir werden deshalb diesem wichtigen Gegenstande einen eignen Abschnitt widmen, jedoch wird es nöthig sein, vorher die näheren Einzelnheiten des Systemes zu betrachten, von dessen Veränderungen in demselben die Rede sein soll.

Sechster Abschnitt.

Topographie des Planetensystems der Sonne.

Erster Theil. Die Sonne.

§. 78.

Der Fixstern*) zu dessen System unsre Erde gehört, ist bei weitem der gewichtigste und grösste Körper in diesem System, und übertrifft an Masse die Summe aller andern Körper desselben etwa 775 mal**). Er ist die Quelle des Lichts und der Wärme für sein ganzes System.

Ihre mittlere Entfernung von der Erde beträgt 20708000 geographischer Meilen, deren 15 auf einen Grad des Erd-

*) Dass die Sonne zur Zahl der Fixsterne gehöre, und in gehöriger Entfernung betrachtet auch als solcher erscheinen würde, lässt sich in aller Strenge behaupten. Will man dagegen umgekehrt sagen: alle Fixsterne sind Sonnen, so muss man dies zunächst auf die Eigenschaft des Selbstleuchtens beschränken, denn diese kommt gewiss allen von uns ausserhalb des Sonnensystems wahrgenommenen Körpern zu. Nicht aber kann man es ohne Weiteres als ausgemacht annehmen, dass auch um jeden einzelnen dieser Fixsterne sich, wie um unsre Sonne, Planeten, Kometen u. dgl. bewegen: eine Frage die wir auf unserm irdischen Standpunkte, gleich vielen andern, wohl nie zur bestimmten Entscheidung bringen werden. Eben so wie es neben mondenbegleiteten Planeten auch mondlose giebt, kann es neben solchen Sonnen, um welche Planeten laufen, auch andre isolirte und unbegleitete geben.

**) Dass diese Zahl auch dann noch nahe richtig bleiben müsse, wenn man in die zu vergleichende Summe alle etwa noch unbekannten Körper des Sonnensystems mit begreifen wollte, ergiebt sich daraus, dass wir in unsern Störungsrechnungen mit der Masse der bekannten Planeten selbst in denjenigen Fällen ausreichen, wo die Wirkung dieser Störungen ungewöhnlich beträchtlich wird, und wo der Körper über die Grenzen der uns bekannten Planetenwelt hinausgeht, z. B. beim *Halley*schen Cometen.

Aequators gehen. In der Astronomie wird jedoch dieses Meilenmass, wo es sich um Entfernungen der Körper von einander handelt, nicht eigentlich gebraucht, sondern man macht die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde selbst zur Einheit, was den auszuführenden Berechnungen mehr Bequemlichkeit und Sicherheit, so wie den Bestimmungen selbst mehr bleibenden Werth verschafft*). Hiernach sind die Entfernungen in der weiter unten folgenden Tabelle angesetzt worden.

Die grösste und (im gegenwärtigen Jahrhundert) am 2. Juli jedes tropischen Jahres stattfindende Entfernung der Sonne ist 21052150 Meilen, die geringste am 1. Januar dagegen 20359950 Meilen. In Erdhalbmessern ausgedrückt, ist die mittlere Entfernung der Sonne = 24073, in Sonnenhalbmessern = 214,68. Bei diesen Bestimmungen ist die Parallaxe der Sonne d. h. der Winkel, unter welchem der Erdhalbmesser am Sonnenmittelpunkt in mittlerer Entfernung erscheint, zu 8″,5684 angenommen worden.

Die Bewegung der Sonne, welche wir wahrnehmen, ist nur scheinbar und durch die täglichen und jährlichen Bewegungen der Erde erzeugt. Denn in Bezug auf ihr System ist die Sonne ruhend, oder genauer gesprochen, ihre Bewegungen innerhalb desselben sind nur kleine Schwankungen um den allgemeinen Schwerpunkt des Systems, der noch in ihren Körper fällt (den Fall ausgenommen wo Jupiter und Saturn ganz oder beinahe in Conjunction stehen); Schwankungen die überdiess nur dem Berechner wahrnehmbar sind. Denn in der Praxis der Astronomie bezieht man alle Bewegungen auf den Mittelpunkt der Sonne, und trägt also die kleinen Bewegungen derselben unter der Rubrik Störungen mit auf die Planeten über. — Diejenige Bewegung der Sonne aber, welche sie, von allen ihren Planeten und Monden begleitet, im Weltraume macht, kommt nicht hier, sondern bei der Beschreibung der Fixsternwelt in Betracht.

Das Licht legt den Weg von der Sonne zur Erde in 8 Min. 13.15 Sekunden zurück. Der Schall hingegen, wenn er anders bis dorthin gelangen könnte, würde erst in 15 Jahren

*) Nur bei den Durchmessern und den von diesen abhängenden Bestimmungen der Weltkörper, so wie bei Distanzen auf ihrer Oberfläche wird das Meilenmaass mit Vortheil angewandt, doch nimmt man auch hier zuweilen den Erd-Durchmesser (1718,8 geogr. Meilen) als Maasseinheit an.

diesen Raum zurücklegen, und bei der schnellsten Bewegung eines Dampfwagens (von 7 geogr. Meilen pr. Stunde) würden 350 Jahre erfordert.

§. 79.

Der scheinbare mittlere Durchmesser der Sonne ist = 32′0″,88; der grösste am 1. Januar 32′33″,7; der kleinste am 2. Juli 31′29″,2. Er übertrifft, die Kometenschweife zum Theil ausgenommen, die scheinbaren Durchmesser aller andern Himmelskörper und selbst den mittleren des Mondes, der ihm am nächsten kommt.

Der wahre Durchmesser hingegen ist 112,14 Erddurchmesser oder 192936 geogr. Meilen, der Umfang 605556 Meilen. Alle bisher angestellten Messungen vereinigen sich dahin, dass die Sonne entweder eine vollkommene Kugel, oder ihre Abplattung doch zu gering ist um merklich werden zu können; einige Beobachtungsreihen scheinen selbst einen grösseren Polar- als Aequatoral-Durchmesser anzudeuten, was indess nicht wohl mit den Gesetzen der Schwere besteht. Betrachtet man die Sonne als mathematische Kugel, so ist ihre Oberfläche 12598 mal der (abgeplatteten) Erdoberfläche und ihr Volumen 1415225 mal dem Volumen des Erdspäroids gleich.

Dagegen ist die Masse der Sonne nach den neuesten Bestimmungen 345936 mal grösser als die der Erde, woraus die Dichtigkeit der Sonne $= \frac{345936}{1415225} = 0{,}250 = \frac{1}{4}$ der Dichtigkeit des Erdkörpers folgt (beiläufig ist dies die Dichtigkeit des Ebenholzes und der Braunkohle).

Hieraus folgt weiter, dass die Schwerkraft an der Oberfläche der Sonne 28,36 mal grösser als an der Oberfläche der Erde sei, und dass dort ein Körper in der ersten Sekunde 428,25 Pariser Fuss im Fallen zurücklege. Die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers auf der Sonne ist demnach weit mehr der einer Flinten- oder Kanonenkugel als der Fallgeschwindigkeit auf unsrer Erde, zu vergleichen. Ein Körper, der bei uns kaum 4 Pfund wiegt, würde dort nur durch eine Kraft bewegt werden können, die hier zur Bewegung eines Centners erfordert wird. Ein Geschöpf von unsrer Kraft und unserm Körperbau vermöchte dort kaum den Fuss emporzuheben und liefe beim Auftreten Gefahr ihn zu zerschmettern; schon nach wenigen sehr kurzen Schritten würde völlige Erschöpfung eintreten. Ein Sekundenpendel würde dort die Länge von 86 Par. Fuss haben; ein mit aller unsrer Kraft emporgeworfener Kör-

per sich nur sehr wenig über unsern Kopf erheben. Selbst wenn die Atmosphäre und alles Uebrige sich wie bei uns verhielte (was sicherlich nicht der Fall ist) so würden dennoch alle unsre Pflanzen, durch die ungeheure Schwerkraft zurückgehalten und niedergedrückt dort knieholzartig am Boden kriechen. Nur Titanen und Cyclopen, wie sie die alten Fabeln uns vorführen, wären dort im Stande, Bauwerke aufzuführen, ja nur die gewöhnlichsten unsrer Arbeiten zu verrichten. Schluss: Kein einziges organisirtes Wesen auf der Oberfläche der Sonne kann irgend einem auf unsrer Erde in physicher Beziehung ähnlich sein*).

§. 80.

Auf der Oberfläche der Sonne hat man Flecken beobachtet, und aus diesen gefunden, dass sie sich in $25\frac{1}{2}$ Tagen um ihre Axe drehe, dass diese gegen die Axe der Ekliptik $7\frac{1}{2}$ Grad Neigung habe und dass der aufsteigende Knoten des Sonnenäquators in der Ekliptik in 78° der Länge liegt, der entgegengesetzte also in 258°. Diese Rotationselemente sind aber, aus weiter unten folgenden Gründen, bei weitem weniger sicher als man nach der Grösse des Sonnenkörpers und der Deutlichkeit, mit welcher die Flecke in der Regel sich darstellen, erwarten sollte.

Zu der Zeit also, wo sich die Sonne in einem dieser Knotenpunkte befindet (beiläufig am 8. Juni und 9. December jeden Jahres) erblicken wir den Aequator der Sonne und dessen Parallelen, folglich auch die Wege der Flecke, als gerade Linien, die mit der Ekliptik und deren Parallelen Winkel von $7\frac{1}{2}$° machen; zu andern Zeiten müssen diese Wege Ellipsen sein, die im Anfange des März und Septembers am weitesten geöffnet sind, wiewohl auch alsdann die Abweichung von der geraden Linie noch nicht sehr augenfällig hervortreten kann. —

*) Ich habe mir diese Abschweibung erlaubt, weil ich es für dienlich halte, eine wenn gleich bekannte, doch bisher wenig oder gar nicht beachtete Differenz der Weltkörper — dass Verhältniss der Schwere — in seinen Wirkungen auf die Naturökonomie zur Anschauung zu bringen. Wie Vieles ist nicht, mit Aufbietung alles Scharfsinnes, über die Bewohner des Mondes, der Sonne, der Planeten und Kometen in die Welt hinein geschrieben worden! und gleichwohl vermissen wir in allen diesen Philosophemen fast durchweg die Berücksichtigung der Schwere an der Oberfläche — d. h. beinahe das einzigen, was wir über die Physik der Himmelskörper gewiss wissen.

Hat ferner ein Sonnenfleck seinen Weg einmal zurückgelegt, so dass er nach 25 ½ Tagen wieder demselben Punkte des Himmels gegenübersteht, so währt es doch noch 46 Stunden, ehe er wieder in dieselbe Stellung zur Erde gelangt, denn diese ist in der Zwischenzeit ebenfalls, und zwar in gleichem Sinne wie der Sonnenfleck, in ihrer Bahn fortgerückt, und der Sonnenfleck muss also etwas mehr als einen Umlauf machen um der Erde wieder gegenüber zu stehen, ähnlich wie der Minutenzeiger einer Uhr etwas mehr als eine Stunde laufen muss, um wieder mit dem Stundenzeiger zusammenzufallen. Diese synodische Umdrehungszeit der Sonne wird also etwa 27 ½ Tag lang sein, (etwas verschieden je nach der langsamern oder schnellern Bewegung der Erde in ihrer Bahn) und man wird von der letztern aus einen Sonnenfleck 13 ¾ Tage lang auf der diesseitigen Scheibe sehen, worauf er eine eben so lange Zeit der Erde unsichtbar bleibt.

Diese Rotation ist zwar fast 4 mal schneller, als die unsers Erdäquators, doch kann sie die Fallgeschwindigkeit nur sehr unbedeutend vermindern (nur um 1 ¼ Linie durchschnittlich für Gegenden am Aequator). Von der Rotationsgeschwindigkeit Jupiters und Saturns wird sie um mehr als das Sechsfache übertroffen.

§. 81.

Es scheint nicht, dass eine Seite der Sonnenkugel im Allgemeinen heller als die andre sei, und eben so merkt man keinen Unterschied der Helligkeit in Bezug auf Aequator und Pole. Die Flecke abgerechnet erscheint der Grund der Sonne gleichartig, woraus man schliessen kann dass sie nach allen Seiten hin in gleichem Maasse Licht verbreite.

Die wahre feste Oberfläche der Sonne ist höchstwahrscheinlich nicht selbstleuchtend, sondern wie die der Planeten und ihrer Monden an sich dunkel. Aber eine sie umgebende Photosphäre (Lichthülle) das Analogen unsrer Atmosphäre (Dunsthülle) verbreitet nicht allein rings herum auf ihr selbst, sondern auch, unmittelbar oder durch Anregung, auf allen Weltkörpern ihres Systems Licht und Wärme. Die Photosphäre scheint nicht allein sehr hoch sondern auch sehr dicht zu sein, (schon die grosse Anziehungskraft der Sonne macht letzteres sehr wahrscheinlich) und *Herschel* äussert die Meinung dass diese Hülle eine doppelte sei, und aus einer äussern starkglänzenden und einer innern von schwächerem Glanze bestehe,

so dass während erstere vorzugsweise ihr Licht in den Weltraum ausstrahle, die letztere in näherer Beziehung zur Oberfläche des Sonnenkörpers selbst stehe.

Zur näheren Verständigung über diese Verhältnisse wird es nöthig sein der Beobachtungen zu gedenken welche man über die Sonnenflecke angestellt hat. Nach der Meinung der Alten war das Sonnenfeuer ein durchaus reines und fleckenloses und diese Ansicht hatte selbst eine Art von religiöser Weihe erhalten, so dass die ersten Entdecker der Sonnenflecke einige Vorsicht bei Bekanntmachung ihrer Beobachtungen nöthig fanden. Indess reichen schon ganz mässige Ferngläser hin, den Ungrund jener althergebrachten Meinung jedem vor Augen zu legen. *Scheiner* in Ingolstadt war es der zuerst Sonnenflecke bemerkte. Sie zeigten sich sehr dunkel und in beträchtlicher Grösse, und zugleich ward es klar, dass es nicht von ihr entfernte, planetenähnliche, umkreisende Körper, sondern zur Sonne selbst gehörende seien. Da man durch ein Fernrohr gewöhnlicher Art, die Sonne, ihres lebhaften Glanzes wegen, nicht ohne die grösste Gefahr betrachten kann, so bedient man sich entweder der Blendgläser (dunkel und fast bis zur Undurchsichtigkeit gefärbter Gläser) die man vor das Okular schraubt; oder man lässt das Sonnenbild, welches im Fernrohr erzeugt wird, auf eine Wand fallen, und führt die Messungen und Beobachtungen an diesem Bilde aus, ohne ins Fernrohr selbst zu sehen. Die letztere Methode war früher mehr in Gebrauch; jetzt zieht man fast allgemein die erstere vor. Man erblickt alsdann die Sonne als eine zwar helle, jedoch keinesweges umstrahlte Scheibe von der Farbe des Blendglases; in schwarzer Umgebung wenn der Himmel völlig heiter ist; in mattleuchtender, wenn er theilweis bezogen ist oder die Sonne zwischen Gewölken steht.

Die ganze Oberfläche der Sonne hat häufig ein gleichsam fein marmorirtes, griessandiges Ansehen. Alsdann unterscheidet man in starken Vergrösserungen eine Menge äusserst feiner mattgrauer Pünktchen, die über die ganze Oberfläche zerstreut liegen. Fliessen sie in einander, so entsteht eine graue Färbung einer solchen Gegend (man nennt dies Höfe oder Nebel) und an diese schliessen sich häufig die schwärzeren Flecken an. Letztere erscheinen nur in der Mittelzone bis zu etwa 25 Grad Entfernung zu beiden Seiten des Aequators und zwar so, dass in den Grenzgegenden dieser Fleckenzone mehr

und grössere, als näher am Aequator, gesehen werden*). Diese schwarzen Flecke sind entweder Punkte, die zwar an sich hinreichend deutlich, doch ohne eine bestimmt wahrnehmbare Gestalt, sich zeigen, oder Kernflecke, welche eine bestimmte Umrisslinie und messbare Dimensionen zeigen. Diese Kernflecken sind nun häufig von den erwähnten Höfen umgeben, und zwar so, dass der Hof dieselbe Figur im vergrösserten Maasstabe bildet, welche der Kernfleck zeigt. Selten zeigen diese Flecke Annäherung an die Kreisgestalt, meistens sind sie eckig, oft mit sehr spitzen, aus- und einspringenden Winkeln und Bögen, und von den Ecken laufen in einigen Fällen gleichsam strahlenförmig Reihen von Punkten nach den entsprechenden Ecken des umgebenden Hofes.

Kleinere wie grössere Flecken kommen zwar oft auch einzeln vor, häufiger jedoch zeigen sie sich in Gruppen, in denen man zuweilen Hunderte von Flecken zählen kann. Oft umgiebt auch ein gemeinschaftlicher Hof eine ganze Gruppe kleiner Flecke. Durch die grösseren Kernflecke ziehen häufig nieren- und aderartig lichtere Streifen hin und theilen sie gleichsam in mehrere Reviere. — Sowohl die Höfe als die Kernflecke zeigen sich häufiger bestimmt begrenzt, als verwaschen; und letzteres findet sehr selten am ganzen Umfange herum, sondern nur an einzelnen Stellen statt.

In der Nähe des westlichen oder östlichen Sonnenrandes zeigt sich oft eine den erwähnten Flecken ganz entgegengesetzte Erscheinung: Stellen, welche beträchtlich heller als der übrige Grund sind und die theils aderförmig, theils mehr in grössern Massen sich zeigen (Sonnenfakeln). *Schwabe* bezeichnet diese Erscheinung mit dem Namen Lichtgewölk. Kommen diese Stellen in Folge der Rotationsbewegung der Sonnenmitte näher, so verlieren sie ihr aderartiges Ansehen und gehen in Narben über. Auch das bestimmter unterscheidbare Lichtgewölk zeigt sich nur in derselben Mittelzone, wo sich die Flecken zeigen; weiter nach Nord oder Süd hin bemerkt man keine andern Ungleichheiten als die, welche von dem oben erwähnten fein marmorirten Ansehen der Sonne herrühren.

Die dunkleren Flecke scheinen zwar, im Blendglase betrachtet, völlig schwarz zu sein, was aber nur daher rührt dass kein wirklich schwarzer Gegenstand zur Vergleichung hinzugezogen werden kann. Wenn dagegen ein unterer Planet z. B. Merkur, vor der Sonne vorübergeht, und uns seine alsdann

*) Ein einziges mal hat *Lahire* einen schwarzen Fleck in 70° der heliographischen Breite wahrgenommen.

wirklich schwarze Nachtseite zuwendet, so überzeugt man sich vom Gegentheile. Mit dem Planeten verglichen erscheinen alsdann selbst die dunkelsten Kernflecke nur als ein lichtes Braungrau. Auch hat ein grösserer Fleck, selbst wenn er nicht durch die oben erwähnten Lichtadern unterbrochen ist, fast nie durchweg die gleiche Schwärze, wenn man ihn mit starken Vergrösserungen betrachtet. In der mittlern Entfernung der Sonne entspricht eine Bogensekunde nahe 100 geogr. Meilen, da man nun Sonnenflecke von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Minuten Durchmesser beobachtet hat, so folgt dass ihr wahrer Durchmesser auf 10000 Meilen und darüber steigen kann. Einzelne Flecke haben sich sogar dem scharfen unbewaffneten Auge beim Auf- oder Untergange, wo man ohne Beschwerde die Sonne betrachten kann, merklich gemacht. Die grössern Fleckengruppen ziehen sich zuweilen über den vierten, ja dritten Theil des Sonnendurchmessers hin und haben also 50 bis 60000 Meilen Erstreckung.

§. 82.

Alle diese Erscheinungen sind nun ohne Ausnahme den mannichfaltigsten Veränderungen unterworfen und bis jetzt ist noch nichts Constantes, ja selbst nur bestimmt Gesetzmässiges in ihrem Erscheinen und Verschwinden, Wachsen und Abnehmen, Trennen und Wiedervereinigen, so wie in den Aenderungen ihrer Gestalt, wahrgenommen worden. Man kann fast sicher sein, einen heut beobachteten Fleck am folgenden Tage in irgend einer Art verändert wiederzufinden, ganz abgesehen von den durch die verschiedene Stellung bedingten optischen Wechseln. — Da diese Umstände es schon an sich wahrscheinlich machen, dass sich auch eigne Verschiebungen auf der Sonnenkugel damit verbinden, was auch aus der bedeutenden Verschiedenheit der Rotationselemente, die man aus den Fleckenbeobachtungen abgeleitet hat, unzweifelhaft hervorgeht, so ist klar dass eine Sonnenkarte in dem Sinne wie man Karten der Erde und des Mondes hat, nicht möglich ist. Man wird schwerlich je dahin gelangen irgend etwas Constantes auf der Sonnenoberfläche mit Sicherheit wahrzunehmen. Einzelne Beobachter wollen zwar im Innern der grossen Kernflecke Andeutungen landschaftlicher Gebilde wahrgenommen haben; dieser Erklärung stehen aber zu viele Bedenklichkeiten entgegen. Die grosse Schwerkraft auf der Sonne macht die Entstehung so gewaltiger Unebenheiten, dass wir sie noch in 20 Millio-

nen Meilen Entfernung bemerken könnten*). Wir müssen uns daher mit einzelnen Zeichnungen begnügen, welche die Sonnenoberfläche oder einen ihrer Theile für eine gegebene Zeit, die mindestens dem Tage und der Stunde nach bestimmt sein muss, darstellen. Zeichnungen dieser Art findet man sehr häufig und sie sind bei einiger technischen Fertigkeit nicht eben schwierig zu erhalten.

Meistens bilden die grösseren Flecke sich nach und nach, innerhalb einiger Tage durch Anwachsen oder durch Vereinigung mehrerer kleineren, und sie verschwinden in ähnlicher Weise. Da nun beides gewiss eben so gut auf der abgewendeten als der uns zugewendeten Seite der Sonne geschehen wird, so sehen wir oft einen grossen Fleck vom Rande her hereinrücken, von dem früher nichts vorhanden war, und eben so oft verschwinden sie uns am Westrande, ohne dass sie nach Verlauf der halben Umdrehungsperiode sich wieder zeigten. Erscheinen sie aber auch in mehreren Rotationsperioden, so sind sie doch gewöhnlich in jeder neuen so stark verändert, dass man über ihre Identität nicht zur Gewissheit gelangt. — Nach den Rändern zu werden sie in perspectivischer Verkürzung gesehen, und ihre scheinbare Bewegung wird langsamer in Verhältniss des Cosinus ihres Abstandes von der Mitte. Dieser Umstand ist zugleich das beste Kriterium woran sie von umlaufenden Körpern, die vielleicht innerhalb der Merkursbahn noch vorhanden sein möchten, unterschieden werden können.

Die optische Verkürzung findet zwar nothwendigerweise sowohl für den Hof als den Kernfleck statt, doch mit dem wesentlichen Unterschiede, dass die scheinbare Fortrückung des letztern etwas langsamer ist als die des Hofes, und dass er daher zuletzt nicht mehr in der Mitte seines Hofes steht, sondern östlich zurückbleibt, so dass häufig nur noch im Norden, Westen und Süden, nicht aber im Osten des Kernflecks, ein

*) Was auf der Sonne von uns wahrgenommen werden soll, muss nach jeder Dimension hin 400mal ausgedehnter sein als das, was wir unter gleichen Umständen auf dem Monde noch wahrnehmen können. Wir sehen keinen Mondberg mit blossen Augen, und das beste Fernrohr vermag nicht uns die Sonne so nahe zu rücken, dass sie dem Monde, mit unbewaffneten Augen gesehen, vergleichbar würde. Dazu kommt noch der wesentliche Umstand, dass die Schatten, wodurch die Unebenheiten des Mondes am besten hervorgehoben werden, auf der lichtumhüllten Sonne nicht wohl gedacht werden können.

Hof wahrgenommen wird. Umgekehrt zeigen solche Flecke bei ihrem ersten Erscheinen am Ostrande der Sonne nur östlich einen Hof, kommen aber, wenn sie nach etwa 6 Tagen die Mitte der Scheibe erreicht haben, in die Mitte ihres Hofes zu stehen.

Dieser Umstand führt auf eine wichtige Thatsache, dass nämlich die schwarzen Kernflecken auf einer kleinern Kugel als die Höfe sich bewegen, dass also erstere, in Beziehung auf ihren Hof und die helleren Theile der Sonnenoberfläche, einen tiefen Grund bilden. Die Flecken sind demnach nicht etwa, wie man wohl sonst vermuthete, Schlackenmassen, die in dem glühenden Meere der Sonne obenauf schwimmen; sie sind eben so wenig Rauch, der sich aus den Flammen entwickelt, denn erstere müssten ganz im Niveau der hellern Theile liegen und letzterer sich über dasselbe erheben, wogegen die Beobachtungen eine Vertiefung der Kernflecken von 3 — 500 Meilen anzudeuten scheinen. Nimmt man dagegen mit *Herschel* dem Vater einen an sich dunklen Sonnenkern und zwei Photosphären, die innere schwächer als die äussere glänzend, an, so lässt sich die Erscheinung leicht dadurch erklären, dass man lokale und temporelle Entziehungen der einen oder beider Photosphären annimmt, wodurch im erstern Falle die innere Photosphäre, in letzterem der Kern der Sonne, entblösst wird. Man kann sich die Oeffnung gleichsam trichterartig vorstellen so dass nur in den innersten Theilen beide Photosphären fehlen. Damit scheint auch der Umstand zusammenzuhängen, dass die Flecke meist desto schwärzer erscheinen je grösser sie sind. Ist nämlich der Durchmesser des Trichters verhältnissmässig klein, so wird der innere Kern mehr Licht von den Seitenwänden dieser Oeffnung erhalten als bei beträchtlicher Ausdehnung. Mit diesen Entziehungen der Lichtsphäre an einigen Stellen muss nun aber nothwendig eine Anhäufung derselben an andern verbunden sein, die sich für uns zwar weniger merklich machen wird, aber dennoch durch eine Verstärkung des Glanzes wahrnehmbar sein kann, und daraus erklären sich die Sonnenfackeln, so wie der oben bemerkte Umstand, dass sie am häufigsten in der Nähe der Kernflecken gesehen werden.

Zuweilen erscheint die ganze Sonne fleckenfrei und es hat ganze Jahre gegeben, in denen aufmerksame Beobachter keinen Sonnenfleck gesehen haben. Indess sind diese Fälle als Ausnahmen zu betrachten. Wie sehr verschieden sie aber in

Rücksicht auf ihre Menge und Grösse sich darstellen, darüber kann folgende von *Schwabe* in Dessau gegebene Uebersicht seiner Beobachtungen Auskunft geben:

Jahrgänge.	Zahl der Beobachtungstage.	Zahl der Tage wo die Sonne fleckenfrei war.	Zahl sämmtlicher Fleckengruppen des Jah.
1826	277	22	118
27	273	2	161
28	282	—	225
29	244	—	199
30	217	1	190
31	239	3	149
32	270	49	84
33	267	139	33
34	273	120	51
35	244	18 (sämmtl. i. Jan.)	173
36	200	—	272
37	168	—	333

Die sehr bedeutende Ab- und Zunahme der Gruppen, und die ihr ganz entsprechende Zu- und Abnahme der fleckenfreien Tage, scheint eine Periodicität zu verrathen. Dazu kommt noch, dass mit der grösseren Zahl der Gruppen auch eine grössere Ausdehnung der einzelnen, so wie ein grösserer Durchmesser der Kernflecke, verbunden ist. Flecke, deren Durchmesser den der Erdkugel übertrifft, sind z. B. in den Jahren 1832, 33 und 34 nicht gesehen worden, wohl aber vor und nachher ziemlich häufig. Im J. 1833 waren überhaupt nur ganz einzelne sehr kleine Flecke, ja oft nur Punkte die sich schnell wieder auflösten, wahrzunehmen, und eben so im folgenden Jahre mit Ausnahme des Decembers, wo sie wieder häufiger wurden. Dagegen erschien 1828 ein dem blossen Auge sichtbarer Fleck.

§. 83.

Man hat vielfach die Meinung aufgestellt, diese bald gar nicht, bald so zahlreich und ansehnlich sich zeigenden Flecken hätten einen Einfluss auf die Witterung unsrer Erde. Da unläugbar die Sonne die Quelle des Lichts und der Wärme ist; da die Quantität der Sonnenstrahlen für beide entscheidend sein muss, selbst wenn die Wärme nicht eigentlich ein Mitgetheiltes, sondern nur ein erregtes wäre — so schloss man, dass die durch die schwarzen Flecke verursachte Verminderung des Areals der wirklich leuchtenden Fläche auch eine

Verminderung des Lichts und der Wärme zur nächsten Folge haben müsse. Direkte Beobachtungen haben indess hierüber noch nichts entschieden, und überdies ist die Verminderung der leuchtenden Fläche im Ganzen, selbst bei der grössten bis jetzt wahrgenommenen Fleckenfülle, doch wohl zu unbedeutend (sie steigt wohl nie auf $^1/_{100}$) als dass Thermometer und Photometer etwas davon anzeigen sollten, um so mehr als die gleichzeitig erscheinenden Fackeln das Sonnenlicht vermehren müssen und die Entziehung des Lichts selbst an der Stelle des Kernflecks, doch keinesweges eine absolute ist.

Im Gegensatze zu dieser Meinung äusserte dagegen *Herschel*, die Sonnenflecke oder vielmehr ihre wahrscheinliche Ursach vermöchten wohl eher die Wärme zu vermehren als zu vermindern. Eine starke und schnelle Fleckenbildung setzt grosse Veränderungen, und diese eine erhöhte Thätigkeit in der Photosphäre der Sonne voraus: die Wirkung des Sonnenstrahls müsse mithin zu solchen Zeiten kraftvoller, durchdringender sein als in andern ruhigern, bei gleichsam erschlaffter oder gebundener Thätigkeit dieser Lichtsphären. Er machte den Versuch dies praktisch nachzuweisen und glaubte gefunden zu haben, dass in Jahren wo die Flecken sich häufiger zeigten, auch die Ernten reichlicher als in andern ausfielen. Doch auch dies hat sich nicht in dem Maasse bestätigt, dass man *Herschel's* Meinung, als ein Naturgesetz zu betrachten sich gedrungen fühlen könnte, und der Witterungslauf der oben angeführten Jahre zeigt keine Spur einer solchen Periodicität, die der der Fleckenbildung analog wäre.

Wenigstens scheint es gewiss, dass eine Vergleichung blos lokaler Resultate des Witterungsverlaufes mit astronomischen Phänomenen irgend welcher Art entweder gar keine oder doch nur schwankende und unsichre Resultate liefern könne, selbst in dem Falle, wo das in Rede stehende Phänomen einen direkten Einfluss auf die Witterung des Erdkörpers ausübte. Nur gar zu oft wird es übersehen, dass in Bezug auf entfernte Weltkörper, einzelne Städte und Länder der Erde so viel als Nichts, und nur allein die Erdkugel als ein Ganzes Etwas ist. Welches auch immer die Ursach einer Vermehrung oder Verminderung der Sonnenthätigkeit sei, die daraus hervorgehende Veränderung, sofern sie stattfindet, trifft stets die gesammte Erdoberfläche. Sie kann zufällig, in Folge lokaler Gegeneinwirkungen, an einzelnen Orten weniger bemerkbar hervortreten als an andern, aber lokal im eigentlichen Sinne

kann sie niemals sein und sollte daher auch nie zur Erklärung wahrgenommener lokaler Witterungs - Anomalien herbeigezogen werden, sondern jedenfalls nur erst dann wenn man sich nach Möglichkeit überzeugt hat, dass die wahrgenommene Anomalie gleichzeitig auf der ganzen Erde, wenn auch nicht in gleicher Stärke, doch in gleichem Sinne, stattgefunden habe. Wäre dies nicht möglich, so müsste man wenigstens schon lange fortgesetzte und genaue Beobachtungsreihen eines Ortes mit eben so genauen astronomischen Beobachtungen vergleichen, wobei sich dann vielleicht etwas mit Wahrscheinlichkeit ergeben könnte*). So ist man aber bisher noch nirgend verfahren, und eben deswegen ist es noch nicht möglich eine Entscheidung für oder gegen *Herschel's* Meinung auszusprechen.

§. 84.

Da die Beobachtungen der Sonnenoberfläche weder fester Meridianinstrumente nochFerngläser von ungewöhnlichen Dimensionen bedürfen, (bei den letztern würde es sogar der Gefahr für das Auge wegen nicht räthlich sein, ihre volle optische Kraft in Anwendung zu bringen,) so werden sie seltner auf Hauptsternwarten, häufiger von blossen Liebhabern der Astronomie ausgeführt, deren einige mit grosser Beharrlichkeit sich ihnen gewidmet haben. *Hahn, Kastorff, Sömmering* u. a. m. verdienen einer rühmlichen Erwähnung und haben uns manche wichtige Aufschlüsse über diesen Gegenstand gegeben: manche Andre dagegen sind durch Missverstand und Unkunde in ihrem Eifer auf falsche Wege geleitet und zu monströsen Resultaten gebracht worden. So verfertigte sich z. B. ein Nordamerikaner selbst ein Fernrohr und dehnte das durch dasselbe an eine Wand fallende Sonnenbild auf 8 Fuss Durchmesser aus. Natürlich musste dabei alles verwaschen und undeutlich erscheinen und so glaubte er sich zu dem Schlusse berechtigt,

*) Die Winter in Island, Grönland und dem nördlichen Amerika überhaupt zeigen sich nicht allein häufig, sondern ganz gewöhnlich, im entgegengesetzten Sinne normal als die europäischen. Fast alle Hauptwinter des europäischen Continents (wie 1740) finden sich in Islands Annalen als gelinde aufgeführt und so umgekehrt. Sommer, die in Frankreich und Deutschland durchaus regnigt sind, zeigen sich oft in Osteuropa heiter und warm, während unsre schönen Sommer (wie 1819 und 1826) dort entweder ganz gewöhnliche oder wohl gar unfreundliche sind. Und doch ist hier noch gar nicht die Rede von grossen Entfernungen oder beträchtlich verschiedenen Zonen.

die Flecken der Sonne seien Qualm- und Rauchmassen, so wie die des Mondes nichts als Schnee und Eis. Es ist traurig, dass solche Absurditäten nicht allein vom grossen Haufen, sondern selbst von einer gewissen Klasse von Schriftstellern begieriger ergriffen werden als die vorsichtigen Schlüsse sorgfältiger und genauer Beobachter, die es wissen wie viel dazu gehört, ehe man in astronomischen Gegenständen eine Entscheidung wagen kann.

Man hat überhaupt gar nicht nöthig, an ein wirkliches Brennen der Sonnenoberfläche zu denken. Woher sollte dieses ewige Feuer fortwährend seine Nahrung ziehen, und warum verhalten sich die Wirkungen des Sonnenlichts nicht blos quantitativ, sondern auch qualitativ ganz verschieden von denen eines Feuers? Eine Verminderung des Sonnendurchmessers, den einige wahrzunehmen glaubten, ist nicht mit Bestimmtheit nachzuweisen (denn nicht die Sonne allein, sondern alle Weltkörper geben kleinere Durchmesser, wenn man sie mit vollkommneren und namentlich von Irradiation freien Instrumenten misst). Vielmehr zeigt sich bei ruhiger und heitrer Luft der Rand der Sonne eben so scharf begrenzt als dies beim Monde oder den Planeten der Fall ist. Das Leuchten der Sonne, so wie ihre erwärmende Kraft, steht vielmehr höchst wahrscheinlich im Zusammenhange mit der grossen Schwerkraft an ihrer Oberfläche, welche eine grosse Verdichtung der umhüllenden gasartigen Massen zur Folge haben muss. Es ist bekannt, dass man allein durch Verdichtung der Luft auf das 30—40 fache ihres normalen Zustandes nicht allein Wärme erregen, sondern auch (wenn gleich nur momentan) Lichterscheinungen hervorbringen kann: auf der Sonne aber findet eine ähnliche Verdichtung fast beständig statt und diese Massen erstrecken sich, wie wir oben gesehen, auf Hunderte von Meilen in die Höhe. Es scheint dass jeder mit einer so stark verdichteten gasförmigen Hülle umgebener Körper leuchten müsse, und dass eine sehr beträchtliche Masse überhaupt nothwendige Bedingung des Selbstleuchtens sei: das Wenige was wir von den Massen der Fixsterne bis jetzt wissen, widerspricht dieser Annahme keineswegs; und wenn die Undulationstheorie, nach welcher das Licht gar kein von der Sonne zur Erde fortschiessender Strahl im eigentlichen Sinne, sondern nur eine sich fortpflanzende schwingende Bewegung der Aetherwellen ist, nach neueren Untersuchungen gegen die frühere Emanationstheorie Recht hat, so wird ein Brennen

des Sonnenkörpers vollends als überflüssig und nutzlos erscheinen.

§. 85.

Es ist hier noch einer Erscheinung zu gedenken, welche sich bei ganz oder nahe totalen Sonnenfinsternissen gezeigt hat, und welche bei fortgesetzter Beobachtung uns wichtige Aufschlüsse über die Natur dieses Weltkörpers zu geben verspricht. Wenn der Mond die Sonne bis auf ein schmales ringförmiges Stück bedeckt hat (Fig. 41.) so dass zwischen den Spitzen a und b noch ein Raum von einigen Bogenminuten fehlt, weil der Mond an dieser Stelle den Sonnenrand ganz verdeckt, so bemerkt man, und zwar im Dämpfglase des Fernrohrs, einen zarten röthlichen zwischen a und b längs des Mondrandes sich erstreckenden Lichtbogen, auf welchem sich die dunklen Randberge des Mondes in derselben schönen Deutlichkeit zeigen als auf der Sonnenscheibe selbst. Der Umstand dass dieses Licht noch im Dämpfglase wahrgenommen wird, deutet auf eine sehr bedeutende Intensität desselben, zugleich ist es klar dass es nicht vom Monde herrühren kann, denn dieser wendet uns seine dunkle Seite zu, und selbst der erleuchtete Mond kann am Tage im Dämpfglase nicht gesehen werden. Am ausführlichsten und gründlichsten beschreibt dieses Phänomen *Bessel*, der es während der grossen Sonnenfinsterniss am 15. Mai 1836 selbst zu beobachten die seltne Gelegenheit hatte (*Schumachers* Astron. Nachrichten 320); ausserdem ist es, bei dieser und andern Finsternissen, von *Fischer* in Aperrade, *van Swinder* und *Greve* in Amsterdam, *Horner* in Zürich, *Lindener* in Glatz u. a. wahrgenommen, *Stöpel* in Tangermünde glaubte (7. Septbr. 1820) den erwähnten Lichtstreifen orangefarbig zu sehen.

Wenn die Finsterniss total wird, so bedarf man des Dämpfglases nicht mehr, und alsdann zeigt sich eine Erscheinung, welche alle Beobachter in Staunen versetzt hat, und die nur bedauern lässt dass die Gelegenheit sie zu sehen, so überaus selten ist (zwischen 1705 und 1887 kommt für Berlin keine totale Sonnenfinsterniss vor, und wie manche wird noch durch ungünstige Witterung vereitelt!) und so kurze Zeit dauert (die grösstmöglichste Dauer etwa 5 Minuten). Ein leuchtender Ring von grosser Breite und Intensität bildet sich rings um den Mond herum, und verbreitet so viel Helligkeit dass es während der totalen Finsterniss kaum dunkler ist als kurz vor oder nachher, *Bocoditch*, *Ferrer* und *Adanis* beobachte-

ten ihn in Nordamerika an verschiednen Orten während der Finsterniss vom 16 Juni 1806. *Ferrer* setzt den Ring sogar 40′ bis 50′ breit. *Ulloa* der auf einer Seereise (24 Juni 1778) zwischen Terreira und Cap S. Vincent eine totale Sonnenfinsterniss beobachtete*) sah einen starkglänzenden Ring, der sich schnell im Kreise „wie ein um einen Mittelpunkt laufendes Kunstfeuer" zu bewegen schien. Sein Licht ward desto blendender und stärker, je näher die Mitte der Finsterniss kam, und er war um diese Zeit $\frac{1}{6}$ des Monddurchmessers, also 5′30″ breit. Nach allen Seiten verbreiteten sich von diesem Kreise aus Lichtstrahlen, die noch in der Entfernung eines Mond-Durchmessers (33′) sichtbar waren. Zunächst um den Mond lag ein rothes, hierauf hellgelbes Licht, was sich allmählich ins Weisse verlor, und diese Aufeinanderfolge der Farben blieb unverändert, wiewol die Länge der Strahlen sich mit der wirbelnden Bewegung schnell veränderte. Die Breite des Ringes nahm, als die Mitte der Einsterniss vorüber war, wieder ab, und einige Sekunden vor dem Wiedererscheinen des ersten Stücks der wirklichen Sonne war er völlig verschwunden. Vor und nach der Erscheinung des Ringes sah *Ulloa* mit blossem Auge die Sterne erster und zweiter, während seines stärksten Glanzes nur noch die Sterne erster Grösse.

Die wahrscheinlichste Erklärung des Phänomens ist die, dass die Sonne, ausser den Photosphären welche ihre für gewöhnlich sichtbare Grenze bilden, mit einer physischen Lichthülle bis zu einer grossen Ferne hin umgeben ist, die aber doch nicht stark genug glänzt um neben der wirklichen Sonne noch wahrgenommen zu werden; daher denn die einzige Gelegenheit sie zu sehen dann eintritt, wann weder direktes noch gebrochenes Sonnenlicht zu uns gelangt und gleichwohl die Gegend wo die Sonne steht, sich über unserm Horizont befindet, d. h. nur bei ganz oder nahe totalen Sonnenfinsternissen. Es sind dies — im Sinne der Undulationstheorie gesprochen — die dichtesten und in heftigster Erschütterung befindlichen Theile des Aethers, welche diese Hülle bilden, die wie aus allen Beoachtungen erhellt, durchaus keine bestimmte obere Grenze hat, sondern jederzeit so weit hin wahrgenommen wird als es die besondern Umstände zulassen. Vom Rotationsschwunge des Sonnenkörpers kann es übrigens allein nicht herrühren, da es sich sonst an den Polen der Sonne entweder

*) Sein Brief.

gar nicht oder doch beträchtlich schwächer als am Aequator zeigen müsste.

§. 86.

Ausserdem wird die Sonne noch von einem sehr blassen, zarten Lichte begleitet, welches sich, jedoch nur in der Ebene seines Aequators, auf grosse Fernen hin, bis über die Bahnen des Merkurs und der Venus hinaus, erstreckt, und welches unter dem Namen des Zodiakallichtes bekannt ist. Wir erblicken es zu der Zeit, wo der Sonnenäquator als eine Ellipse erscheint, und zwar desto besser, je weiter diese geöffnet ist; überdiess aber hängt seine Sichtbarkeit noch von dem Winkel ab, welchen der Parallel, in welchem sich die Sonne befindet, mit dem Horizont eines Ortes macht. Je näher dieser Winkel einem rechten kommt, desto kürzer ist die Dämmerung und desto weniger kann sie folglich die Sichtbarkeit des Zodiakallichtes beeinträchtigen. Es erstreckt sich in der Ekliptik pyramidalisch bis zu 50 und mehreren Graden fort und seine Breite an der Basis wechselt zwischen 8 und 30 Graden. Im Februar, März und April wird es in den Abendstunden, so wie im September und Oktober in den Morgenstunden, für unsre Gegenden am besten sichtbar; in den Aequatorgegenden sieht man es den grössten Theil des Jahres hindurch, weil dort die Dämmerungen in ihrem Minimo sind und die Ekliptik stets nahe am Scheitelpunkte vorübergeht; nur wenn die Sonne sich in den Knotenpunkten ihres Aequators mit der Ekliptik befindet, wir folglich nahe in der verlängerten Ebene dieses Zodiakallichtes selbst uns befinden, wird es nirgend auf der Erde gesehen. Den Völkern in tropischen Gegenden war es daher auch schon längst bekannt: in Europa hat man erst seit wenigen Jahrhunderten darauf geachtet. Mit dem Schimmer der Milchstrasse zeigt es grosse Aehnlichkeit.

Zweiter Theil. Die Planeten und ihre Monden.

§. 87.

Wir zählen 11 zum Sonnensystem gehörende Planeten, zu denen auch unsre Erde gehört. Die Hälfte der übrigen war schon in den ältesten Zeiten bekannt, die andre ist erst in neueren Zeiten durch Hülfe der Ferngläser entdeckt worden. In der Vorzeit zählte man demungeachtet sieben Planeten, die mit den 7 Wochentagen und 7 Metallen (die Zahl der letztern hat sich seitdem in noch viel stärkerem Maasse erwei-

tert) in Harmonie gesetzt waren und mit diesen gemeinschaftliche Zeichen hatten. Man zählte nämlich **Sonne** und **Mond** mit, liess aber die Erde aus, und so bildete man folgendes Schema:

Sonnt.	Mont.	Dien.	Mittw.	Donn.	Freit.	Sonnab.
Gold	Silber	Eisen	Quecksilber	Zinn	Kupfer	Blei
Sonne	Mond	Mars	Merkur	Jupiter	Venus	Saturn
☉	☽	♂	☿	♃	♀	♄

Die Namen und Zeichen der Planeten sind nicht allein beibehalten, sondern auch den seitdem neu entdeckten ähnliche Namen und Zeichen gegeben worden, jene Beziehung zu den Wochentagen und Metallen aber ist längst aufgegeben und hat nur noch für denjenigen Wichtigkeit, der die Geschichte der astrologischen Träumereien des Studiums noch werth achtet. Die 11 Planeten in der Aufeinanderfolge von der Sonne an, nebst ihrem Zeichen und dem Datum ihrer Entdeckung, sind folgende:

Merkur	☿	
Venus	♀	
Erde	♁	
Mars	♂	
Vesta	⚶	1807 März 29. von *Olbers*.
Juno	⚵	1804 Sept. 1. von *Harding*.
Ceres	⚳	1801 Januar 1. von *Piazzi*.
Pallas	⚴	1802 März 28. von *Olbers*.
Jupiter	♃	
Saturn	♄	
Uranus	⛢	1781 März 13. von *Herschel* dem Vater.

Die fünf neuentdeckten sind nur schwer oder gar nicht mit blossem Auge sichtbar und heissen deshalb auch teleskopische Planeten; die übrigen dagegen sind sehr gut sichtbar und einige von ihnen überglänzen zur Zeit ihrer besten Sichtbarkeit alle übrigen Gestirne.

Es ist wahrscheinlich dass noch mehr Planeten zu unserm Sonnensystem gehören, theils jenseit des Uranus, theils zwischen den Bahnen der bereits bekannten oder auch innerhalb der Merkursbahn.

Um einige der genannten Planeten laufen **Monde** (Nebenplaneten, Trabanten, Satelliten); auch unsre Erde hat einen Mond. Wir lassen nun die Beschreibung der einzelnen Planeten folgen.

§. 88.

Merkur.

Dieser Planet steht unter allen andern der Sonne am nächsten, nämlich in mittlerer Entfernung 0,3870938 oder nahe 8 Millionen Meilen. Die starke Excentricität der Bahn (nächst Juno und Pallas die stärkste) entfernt ihn bis 0,4666872 und nähert ihn der Sonne bis zu 0,3075004, also resp. 10 und $6\frac{1}{4}$ Mill. Meilen. Die Excentricität (0,2056178) ist jetzt im langsamen Zunehmen begriffen. Die Länge des Perihels ist $74°57'27'',0$ und nimmt (tropisch) jährlich um $56'',03$ zu; allein nur $5'',81$ sind wahre Zunahme; das übrige rührt von der Veränderung der Aequinoctialpunkte unsrer Erde her. Daher hat er auch eine starke Mittelpunktsgleichung, nämlich $23°40'43'',6$ welche jährlich $+''0,016$ zunimmt. Die Neigung der Bahn gegen die Erdbahn ist $7°0'13'',3$ und sie nimmt jährlich $0'',184$ zu; die Länge des aufsteigenden Knotens in der Ekliptik beträgt $46°23'55'',0$ mit einer jährlichen tropischen Zunahme von $40'',15$. Denn siderisch betrachtet rücken sowol die Knoten der Merkurs- als die aller andern Planetenbahnen rückwärts.

Er vollendet seinen Umlauf, nach Erdentagen gemessen, in 87 T. $23^h 15' 46''$; seine tropische Umlaufszeit ist wegen des Zurückweichens der Nachtgleichen, wie bei allen andern Planeten, etwas kürzer und beträgt 87T.$23^h 14'35''$.

Aus den angegebenen Elementen folgt, dass er die Sonne in der mittleren Entfernung $6\frac{2}{3}$ mal, in der grössten Nähe $10\frac{2}{3}$ mal, in der grössten Entfernung $4\frac{1}{2}$ mal grösser erblickt als wir auf der Erde, und dass er in denselben Verhältnissen stärker von ihr erleuchtet werde. Ob aber auch eben so viel mal stärker erwärmt, lässt sich deswegen nicht mit Gewissheit bestimmen, weil wir nicht wissen ob die specifische Wärme (die Fähigkeit erwärmt zu werden), bei Merkur durchschnittlich dieselbe ist wie bei der Erde; wogegen wir, da die Erleuchtung nur von der Quantität der Lichtstrahlen abhängt und diese sich genau umgekehrt wie das Quadrat der Distanz verhält, das angegebene Verhältniss als ein zuverlässiges betrachten können.

Nach *Bessels* Messungen, die er bei Gelegenheit des Merkursdurchganges 1832 am 5. Mai anstellte, erscheint er in mittlerer Entfernung betrachtet $6'',69$ im Durchmesser gross und der wahre Durchmesser beträgt 671 Meilen. In seiner grössten Entfernung von unsrer Erde, also in der obern Con-

junction, kann sich der scheinbare Durchmesser bis zu 4″,4 vermindern und in den untern Conjunctionen bis zu 12″,6 steigen; die grösst- und kleinstmöglichste Entfernung Merkurs von der Erde beträgt 30 und 11 Mill. Meilen.

Durch Beobachtung von Flecken auf seiner Oberfläche, die übrigens sehr selten erscheinen und schwer wahrzunehmen sind, haben *Harding* und *Schröter* die Rotationsperiode auf 24 St. 5 Min. bestimmt: ein noch sehr ungewisses Datum. Noch weniger wissen wir von der Neigung seiner Axe gegen die Ebene seiner Bahn, so dass wir über seine Jahreszeiten nichts weiter bestimmen können als dass sie durchschnittlich jede 22 Erdentage dauern. Wenn die angegebene Periode auch nur ohngefähr richtig ist, so kann Merkur keine merklich stärkere Abplattung als die Erde haben und alsdann muss sie für unsre Beobachtungen ganz unmerklich sein, in der That hat *Bessel* bei seinen sehr genauen Messungen keine Abplattung finden können.

Die Masse des Merkur ist schwer zu bestimmen: die einzige Gelegenheit zu einer Bestimmung zu gelangen hat bis jetzt der *Encke*sche Comet dargeboten, der 1835 dem Merkur sehr nahe kam. Hiernach ist seine Masse etwa $^1/_{4000000}$ Theil der Sonnenmasse, und seine Dichtigkeit ohngefähr 1,5 der Dichtigkeit der Erde, der Fall eines Körpers auf seiner Oberfläche beträgt in der ersten Sekunde 8,7 Pariser Fuss und die Schwere der Körper ist = 0,58 derjenigen, welche auf der Erde stattfindet, oder 100 Pfund auf der Erde sind nur 58 Pfund auf Merkur.

Als unterer Planet kann er in Beziehung zu Erde und Sonne, in oberer und unterer Conjunction, so wie in westlicher und östlicher Elongation, doch nie in Opposition erscheinen. Er entfernt sich nie über 27°42′ von der Sonne, und dies nur dann, wenn gleichzeitig Mercur in seiner Sonnenferne steht und in dem Dreieck der Erde Merkur Sonne der Winkel am Merkur ein Rechter ist. Daher wird er nie in voller Nacht, sondern nur in der Abend- und Morgendämmerung (und in den nördlichern und südlichern Gegenden der Erde nur mit Schwierigkeit) wahrgenommen, aber in stark blitzendem Lichte. In den äussersten Elongationen ist er halb erleuchtet, in grösserer Nähe zur Erde weniger, in grösserer Entfernung mehr als halb. Indess bemerkt man dass er stets etwas weniger erleuchtet erscheint als die Rechnung ergiebt, wenn man in letzterer voraussetzt dass er weder eine Abwei-

chung von der Kugelgestalt habe noch eine Brechung des Lichtstrahls stattfinde. Diese Wahrnehmung führt also darauf dass Merkur entweder eine strahlenbrechende Atmosphäre oder Gebirge habe; am wahrscheinlichsten Beides.

Merkur kann in seiner untern Conjunction, wenn er nahe genug einem seiner Knoten steht, vor der Sonnenscheibe vorübergehen und uns einen wiewol sehr kleinen Theil derselben verdecken. Mit blossem Auge ist das Phänomen nicht wahrzunehmen und deshalb hat man im Alterthume von einem solchen Durchgange des Merkur nichts gewusst. Nachdem das *Copernicani*sche System die theoretische, und das Fernrohr die praktische Möglichkeit eines solchen Durchgangs gewährt hatte, beobachtete zuerst *Gassendi* einen solchen am 6. November 1631. Merkur erscheint in diesen Durchgängen als völlig regelmässiger, scharf begrenzter, pechschwarzer Kreis ohne eine Spur von Umhüllung. Sie können gegenwärtig nur in den Anfang des Mai oder November fallen, und diese Zeitpunkte schieben sich in einem Jahrtausend um 11 Tage vorwärts. Die nächstfolgenden sind:

1845	Mai	8
1848	Nov.	9
1861	Nov.	11
1868	Nov.	4
1878	Mai	6
(1881	Nov.	7)
(1891	Mai	9)
1894	Nov.	10.
(1901	Nov.	4)

Die in () eingeschlossenen werden für Berlin unsichtbar, die übrigen theilweis oder ganz sichtbar sein. In jedem Jahrhundert ereignen sich durchschnittlich 13 solcher Durchgänge und ihre mittlere Dauer ist 5 Stunden, wenn Merkur nahe der Sonnenmitte vorübergeht, ausserdem weniger.

Das entgegengesetzte Phänomen in der obern Conjunction, die Bedeckung Merkurs durch die Sonne, kann aus leicht begreiflichen Gründen kein Gegenstand unsrer Beobachtungen sein.

Von einer untern Conjunction Merkurs bis zur nächsten verfliessen 115 Tage 21 Stunden, welche Zeit man seinen synodischen Umlauf nennt.

§. 89.
Venus.

Ihre mittlere Entfernung von der Erde beträgt 0,7233317

oder sehr nahe 15 Millionen Meilen. Sie hat unter allen Planeten die geringste Excentricität, nämlich 0,0068183 und diese vermindert sich in 100 Jahren um 0,0001088. Die grösste Entfernung von der Sonne ist demnach 0,7282636 und die kleinste 0,7184002, welcher Unterschied nur etwa 200000 Meilen beträgt. Das Perihelium der Venus liegt in 124°14′ 25″,2 und rückt tropisch alljährlich um 46″,98 vor. Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist 3°23′31″,4 mit einer jährlichen Zunahme von 0″,072 und der aufsteigende Knoten hat eine Länge von 75°11′39,8 mit einer jährlichen Zunahme von +29″,72*) die Mittelpunktsgleichung ist ebenfalls die kleinste planetarische und beträgt 46′52″,8 mit einer jährlichen Veränderung von 0″,449.

Die siderische Umlaufszeit der Venus beträgt 224 T. 16ʰ 49′. 7″., die tropische 224 T. 16ʰ41′25″. Zur Umlaufszeit der Erde verhält sie sich nahe wie 5 : 8.

Kein Planet kommt der Erde so nahe als Venus, sie kann sich uns bis auf 5¼ Mill. Meilen nähern, dagegen auch bis 36 Millionen Meilen entfernen, also auf das Siebenfache der kleinsten Distanz. Diese bedeutenden Differenzen veranlassen auch eine grosse Veränderlichkeit des scheinbaren Durchmessers, der von 9″,3, seinem kleinsten, und 17″,1, seinem mittlern Werthe, bis zu 64″ anwachsen kann, grösser als der irgend eines andern Planeten. Der wahre Durchmesser beträgt (nach meinen Messungen) 1717 Meilen, mithin fast ganz genau so viel als der Erddurchmesser; die Abplattung scheint eben so wenig merklich zu sein als bei Merkur.

Venus ist der glänzendste Stern unsers Firmaments. Als unterer Planet kann er nie der Sonne opponiren und sich überhaupt nicht über 48° nach Ost oder West von ihr entfernen, allein seine Sichtbarkeit ist doch weit mehr begünstigt als die Merkurs; er kann 3 Stunden und länger vor Auf- und nach Untergang der Sonne gesehen werden und ist also abwechselnd Morgen- und Abendstern wie Merkur, ja man nennt ihn, dem Beispiele der Alten folgend (die den Merkur wenig kann-

*) Die angegebenen Zu- und Abnahmen der Elemente bei Venus wie bei allen übrigen Planeten selbst veränderlich, aber freilich nach Perioden, die viele Jahrtausende umfassen. Die Zunahmen der Neigungen und Excentricitäten gehen nach Verlauf solcher Perioden in Abnahmen über, und umgekehrt; die angegebenen Zahlen gelten für gegenwärtige Zeit und etwa für die nächstfolgenden Jahrhunderte.

ten) vorzugsweise so. Er kann zuweilen selbst mit blossem Auge am Tage gesehen werden, was von keinem andern Sterne bekannt ist (Augen von höchst seltner Schärfe ausgenommen,) ja von den Astronomen wird er vorzugsweise am Tage beobachtet, da er Nachts zu tief steht und wegen seines lebhaften Glanzes in starken Fernröhren eines Blendglases bedarf. In der obern Conjunction (in der er nur etwa 14 Tage in den Sonnenstrahlen ganz verschwindet) ist er voll erleuchtet, und so wie mit der westlichen Entfernung von der Sonne seine scheinbare Grösse zunimmt, nimmt seine Lichtgestalt ab. Um die Zeit der grössten Elongation ist er gerade halb erleuchtet, er hat aber alsdann noch nicht seinen stärksten Glanz erreicht, denn die Zunahme des scheinbaren Durchmessers ist um diese Zeit so stark, dass sie die Abnahme der Breite des erleuchteten Theiles überwiegt. Erst wenn die Lichtgestalt sich bis zu $\frac{1}{4}$ vermindert, der Durchmesser aber bis $40''$ vermehrt hat tritt der Moment des stärksten Glanzes ein, von wo an er wieder abnimmt. Um die Zeit der untern Conjunction ist die Sichtbarkeit aus einem zwiefachen Grunde unterbrochen, wegen Nähe der Sonne und wegen der zu geringen Breite des erleuchteten Theiles; nur bei Durchgängen wird er auf der Sonnenscheibe, wie Merkur, als schwarzer Kreis sichtbar.

Die Masse der Venus ist um ein sehr Geringes (etwa $\frac{1}{500}$) grösser als die der Erde, da nun auch die Durchmesser beider Körper so äusserst nahe übereinstimmen, so folgt dass auch die Dichtigkeiten, Fallhöhen, Pendellängen, Gewichte der einzelnen Körper u. dgl. für beide nahe dieselben sind.

§. 90.

Die grosse Lebhaftigkeit des Glanzes der Venus macht physische Beobachtungen ihrer Oberfläche sehr schwierig. Ueberhaupt kann man sie mit so starken Vergrösserungen als man z. B. bei den obern Planeten noch anwendet, nicht mehr mit Vortheil beobachten. Dies wäre nun zwar bei ihrem bedeutenden scheinbaren Durchmesser kein so grosser Nachtheil: dennoch wissen wir von ihrer Oberfläche weit weniger als von der des entfernten Jupiter. An fleissigen Beobachtern hat es nicht gefehlt, doch nur wenige von ihnen haben Flecke gesehen und diese versichern, dass sie äusserst selten, und dann nur höchst matt und unbestimmt, gleich einem leisen Hauche, erschienen. Der ältere *Cassini* glaubte durch diese Beobachtungen eine Rotation der Venus zu finden und bestimmte ihre Periode zu $23^h 15'$, wogegen *Bianchini* in Rom später Beobach-

tungen machte die ihm 24 Tage 8 Stunden gaben. So sonderbar es nun auch klingen mag, der fast 150jährige Streit zwischen beiden schlechterdings unvereinbaren Resultaten ist wen nnoch heut nicht entschieden. Fast alle späteren Beobachter, sie nämlich überhaupt dahin gelangten etwas in dieser Beziehung wahrzunehmen, sprachen sich zu Gunsten des *Cassini*schen Resultats aus: am bestimmtesten *Schröter* in seinen aphroditographischen Fragmenten: *Herschel* der ältere konnte nie hinreichend bestimmte Flecke wahrnehmen, die Bewegung der gesehenen machte ihm aber *Bianchini's* Resultat höchst unwahrscheinlich. Da es nun so äusserst schwer hielt durch Flecke zu etwas zu gelangen, so versuchte *Schröter* durch die veränderliche Gestalt der Hörner, besonders des südlichen, zu einem Ergebniss zu kommen, dies gab ihm $23^h\ 21'$ also fast ganz das *Cassini*sche Resultat. Leider waren *Schröters* Hülfsmittel eben so wenig als seine Berechnungsmethoden von der Art, dass sie vor einer strengen Kritik bestehen können. Ich machte im Sommer 1836 eine Reihe von Beobachtungen der Venus, bei denen ich nie eine Spur von Flecken, wohl aber öfter diese Veränderlichkeit der Horngestalt wahrnahm. Wiewol nun bei so delikaten Beobachtungen leicht eine Täuschung mit unterlaufen kann, so kann ich doch nicht glauben dass sämmtliche wahrgenommenen Veränderungen Täuschung waren, was aber schlechterdings der Fall sein müsste wenn *Bianchini's* Resultat gültig wäre, denn mit diesem sind meine Beobachtungen unverträglich, vielmehr führen sie, wenn man überhaupt aus ihnen etwas Positives schliessen kann, auf ein dem *Cassini*schen ähnliches Resultat.

Indess hat sich *Flaugergues* in Viviers, doch ohne das Detail der Beobachtungen mitzutheilen, wiederum zu Gunsten *Bianchini's* ausgesprochen, seine Beobachtungen führen ihn auf eine Umdrehungszeit von etwa 24 Tagen und eine Neigung des Venusäquators gegen seine Bahn von 73 Graden.

Es ist zu bedauern dass *Cassini* das Detail seiner schon vor 180 Jahren in Italien gemachten Beobachtungen (in Paris hat er sie niemals wieder sehen können) nicht mittheilt, und dass *Bianchini's* Periode sich hauptsächlich nur auf Wahrnehmungen Eines Abends gründet. Ohne irgend einen der genannten Astronomen einer Nachlässigkeit oder gar eines Falsums zu beschuldigen, glaube ich dass man *Bianchini's* und *Flaugergues* Beobachtungen sehr wahrscheinlich erklären könne

ohne eine so sonderbar abweichende Rotationsperiode und Axenstellung anzunehmen.

Beide Astronomen sahen matte Flecke längs der Lichtgrenze fortrücken, während alle übrigen Theile der Scheibe sich in gleichförmig hellem Glanze zeigten, und beide schliessen hieraus auf einen der Lichtgrenze nahen parallelen Aequator. Zu beiden Unwahrscheinlichkeiten gesellt sich also hier noch eine dritte, dass gerade nur in der Gegend der jedesmaligen Lichtgrenze Flecken gestanden und sich bewegt haben sollten in einer Richtung, die von der Erde aus betrachtet fast als Süd-Nord bezeichnet werden müsste*). Allein ist es wohl an sich wahrscheinlich, dass so überaus matte Hauche constante Oberflächentheile gewesen seien? Mir scheint es, man habe leichte atmosphärische Trübungen, die sich in der Auf- und Untergangszone bilden mögen, beobachtet. In den Gegenden wo hohe Sonnenbeleuchtung stattfindet, sind sie entweder gar nicht vorhanden oder der blendende Glanz entzieht sie unsern Augen und nur an der Lichtgrenze, wo ein matteres, uns besser zusagendes Licht herrscht, kommen sie uns zu Gesicht. Die beobachtete grosse Periode dürfte daher wohl eher in Beziehung zu den Jahres- als den Tageszeiten gesetzt werden müssen. Wahrscheinlich finden diese Trübungen nur in gewissen Jahrgängen der Venus in hinreichenderm Maasse statt um noch von uns gesehen zu werden, daher denn z. B. *Lamont*, als Venus im Sommer 1836 sehr günstig stand, selbst mit dem Münchner Riesenfernrohr, das seinen Leistungen nach zu den trefflichsten Instrumenten ersten Ranges gehört, sich ohne allen Erfolg bemühte, Venusflecke zu sehen. Es ist aber durchaus unwahrscheinlich, dass Oberflächentheile, wenn sie sich in den unvollkommenen *Campani*schen Fernröhren zeigten, für ein weit vorzüglicheres gänzlich verschwinden sollten.

Es möge hier noch bemerkt werden dass der erleuchtete Theil der Venus sich wie der Merkur etwas kleiner zeigt als die Rechnung für eine mathematische Kugel und geradlinigte

*) In *Bianchini's* Zeichnungen kommt allerdings auch ein Fleck vor der näher nach dem vollem Rande hin steht, allein die Veränderungen desselben entfernen sich beträchtlich von denen, die eine Periode von 24⅓ Tagen hervorbringen würde. Sie lassen vielmehr auf eine Periode von 14 — 16 Tagen, oder auf mehrere von kürzerer Dauer, schliessen.

Lichtstrahlen ergiebt. Wir dürfen also auf eine Atmosphäre und auch wohl auf gebirgige Unebenheiten schliessen; die letztern werden überdiess durch das von einigen Beobachtern wahrgenommene fein gezähnte Ansehen der Lichtgrenze (ein schwaches Nachbild der Mondgestalt) wahrscheinlich.

Mit den erwähnten Beobachtungen der Horngestalt verhält es sich folgendermaassen. Ist Venus Oberfläche, gleich denen der Erde und des Mondes, gebirgig, so werden sich diese Ungleichheiten nicht durch ihre einzelnen Schatten (die gewiss viel zu klein sind um uns noch zu erscheinen) sondern nur durch Abweichungen von der rein elliptischen Gestalt der Lichtgrenze, hauptsächlich an der Hornspitze, zeigen; und sind sie nicht ungleich grösser als die der Erde, so lässt sich behaupten dass sie sich nur durch die Gestalt dieser Hornspitze mit einiger Sicherheit werden wahrnehmen lassen. Je nachdem ein Gebirge oder ein tiefes Thal diese äusserste Gegend einnimmt, werden wir das vortretende Horn bald spitzer und weit übergreifend, bald kürzer und abgerundeter erblicken; ja es kann selbst ein hoher Berg in der Nachtseite noch als isolirter Punkt leuchten (wie dies wiederholt von Schröter und einmal von *Herschel* gesehen worden ist). Abgesehen von den Aenderungen in der Stellung der Venus gegen Erde und Sonne, wird nun die Wiederkehr einer solchen abweichenden Horngestalt auf die Rotationsperiode schliessen lassen, vorausgesetzt dass sie hinreichend genau beobachtet werden kann. Da man beide Venushörner gleichzeitig im Felde hat, so wird eine Vergleichung zwischen beiden entscheiden lassen ob die wahrgenommene Veränderung eine wirkliche sei oder im Zustande unsrer Atmosphäre liege, denn in letzterm Falle müssen beide Hörner stets dieselbe Anomalie zeigen, in ersterm wäre dies nur ein besondrer Zufall.

Bei den erwähnten Beobachtungen im Sommer 1836 gelang es mir nun nicht, eine Periode mit hinreichender Sicherheit abzuleiten, allein ich bemerkte mehrmals nach Ablauf einer *Cassini*schen Periode dieselbe Horngestalt wieder. Besonders aber spricht die verhältnissmässig rasche Aenderung dieser Gestalten (ich sah sie zuweilen nach 10—15 Minuten, schon bestimmt verändert) gegen eine Periode von 584 Tagen.

Die Freunde astronomischer Conjuncturen werden wahrscheinlich finden, dass man sich viel zu viel Mühe um diese Streitfrage gebe, und sich nach der naheliegenden Analogie von Mercur, Erde und Mars viel rascher für *Cassini* entscheiden.

10*

Allein wer den Entwickelungsgang unsrer astronomischen Kenntnisse mit Aufmerksamkeit verfolgt und als Selbstbetrachter fähig ist die Beobachtungen Andrer zu würdigen, wird mit blos analogischen Schlüssen sehr behutsam sein. Unwahrscheinlich ist *Bianchini's* Resultat allerdings, unmöglich ganz und gar nicht. Wer hätte z. B. bevor sie entdeckt waren, nach Analogien auf Doppelsterne, auf den Saturnsring, oder auf 4 Asteroiden geschlossen? Die Natur liebt es nicht, sich selber zu kopiren; sie ist reich genug Individuen zu erschaffen, und weiss trotz dem Einheit in der Mannichfaltigkeit zu bewahren.

§. 91.

Schröter hat sogar den Versuch gemacht, aus den Abweichungen der Horngestalt und den zuweilen wahrgenommenen abgetrennten Punkten die Höhe der Venusberge zu bestimmen und findet sie bis 5 deutsche Meilen hoch. Resultaten dieser Art muss man billig misstrauen. Gelingt es uns jemals über diese Höhen zu einiger Wahrscheinlichkeit zu gelangen, so könnte dies nur durch die allervollkommensten Messapparate, die *Schröter* noch gar nicht kannte, geschehen; und auch dann nur unter Voraussetzung genau bestimmter Rotationselemente.

Es muss hier noch einer besondern räthselhaften Erscheinung gedacht werden die man bei Venus wahrgenommen hat. Einige Beobachter (namentlich *Chr. Mayer* und *Harding*) haben den dunkeln Theil der Venus in einem aschfarbnen Lichte gesehen, ähnlich wie der vom Erdenlichte beschienene Mond in der Nachtseite zeigt. Beide Beobachter sahen das Phänomen nur wenige Abende, und ausserdem nie; fügen aber hinzu dass die Erscheinung höchst unzweifelhaft und deutlich gewesen sei. Venus kann aber von keinem Monde erleuchtet werden, und dass das Licht der Erde oder des Mercur für ihn stark genug sein sollte um in so grosser Ferne eine Erleuchtung zu bewirken deren Widerschein uns noch sichtbar wäre, kann man nicht annehmen, auch vertrüge sich nicht damit die Seltenheit des Phänomens. Zwischen *Mayer's* und *Hardings* Wahrnehmung liegen 46 Jahre, und weder in der Zwischenzeit noch auch vor, oder nachher ist eine Beobachtung desselben bekannt geworden. Es scheint also eine der Venus eigenthümliche, doch nur unter seltnen Umständen merkbar hervortretende Lichtentwickelung auf der Oberfläche des Planeten zu sein.

Der Venusmond hingegen, den *Mairan*, *Montaigne*, *Short* u. a. zuweilen gesehen haben und von dem nun seit fast hundert Jahren nichts verlautet, ist höchstwahrscheinlich nichts als eine Seitenabspiegelung der Venus in den noch unvollkommen construirten Ferngläsern früherer Zeiten, wie dies bereits *Hell* sehr wahrscheinlich gemacht hat. Mehrmals sieht man, auch in achromatischen Ferngläsern, solche matte Nebenbilder des Mondes, des Jupiter und andrer starkglänzender Himmelskörper im Felde des Fernrohrs, überzeugt sich aber durch Ocularverschiebung bald, dass man nichts als ein blos optisches Phänomen vor Augen habe. Zwar lässt sich im Allgemeinen die Möglichkeit nicht bestreiten dass es Körper gebe die nur unter ganz besonderen, selten sich ereignenden Umständen das Licht zurückwerfen und uns also in der Regel unsichtbar sind: allein auch dies zugegeben, wie kommt es dass man nie den Venusmond vor der Scheibe des Planeten, oder seinen Schatten auf derselben, wahrgenommen hat? zumal ein Venusmond seinem Hauptplaneten sehr nahe stehen und eine viel raschere Umlaufszeit haben müsste als der Erdenmond.

§. 92.

In den untern Conjunctionen, die 584 Tage oder sehr nahe 1 3/5 Jahr auseinander liegen, kann Venus, wie Merkur, jedoch viel seltner als dieser, vor der Sonnenscheibe vorübergehen. Er hat dann gegen eine Minute im scheinbaren Durchmesser und kann von sehr scharfen Augen allenfalls ohne Bewaffnung als schwarzes Pünktchen wahrgenommen werden. Im Fernrohr zeigt er sich rund, scharf begrenzt und völlig schwarz. — Am 4. Decbr. 1639 erfolgte der erste Venusdurchgang seit Erfindung der Ferngläser, und dieser wurde nur von zweien eifrigen aber unbemittelten Liebhabern der Astronomie, *Horrox* und *Crabtree*, in England beobachtet. Auf die beiden folgenden Durchgänge am 6. Juni 1761 und 3. Juni 1769 bereitete man sich besser vor: *Halley* hatte darauf aufmerksam gemacht dass diese Durchgänge das sicherste Mittel gewähren könnten, die Parallaxe der Sonne und folglich ihre wahre Entfernung von der Erde zu bestimmen, wozu sie auch erfolgreich benutzt wurden. Die nächsten 6 Durchgänge ereignen sich:

1874 Decbr. 8.
1882 Decbr. 6.
2004 Juni 7.
2012 Juni 5.

2117 Decbr. 10.
2125 Decbr. 8.

Die Erscheinung ereignet sich in jedem Jahrtausend 16mal, und ist folglich 8mal seltner als Merkursdurchgänge.

Um sich im Allgemeinen eine Vorstellung von der Art zu machen, wie Venusdurchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe dienen können, muss die Bemerkung vorausgeschickt werden dass diese Parallaxe äusserst klein ist, und dass alle früher versuchten Methoden entweder zu gar keinem, oder zu einem sehr unzuverlässigen Resultate geführt hatten, während sie gleichwohl alle theoretisch richtig waren. Dass sie unmittelbar, durch Beobachtungen der Sonnenhöhe an verschiednen Erdorten, nicht gefunden werden könne zeigte sich bald. Man versuchte demnach mittelbare Methoden. Die Grösse des Erdschattens bei Mondfinsternissen richtet sich unter andern auch nach der Grösse der Sonnenparallaxe; allein abgesehen davon dass man nur einen kleinen Theil des Schattens sieht, ist auch sein Rand zu uneben und verwaschen, um genaue Messungen zu gestatten. Der Abstand des Mondes von der Sonne zur Zeit wo er genau halb erleuchtet erscheint, könnte scheinbar dazu führen: denn alsdann ist im rechtwinklichten Dreieck Erde, Mond Sonne der spitze Winkel an der Erde durch Beobachtungen bekannt und folglich der andre spitze Winkel (an der Sonne) leicht zu finden. Allein die Schwierigkeit liegt darin dass der Zeitmoment selbst, wo der Mond genau halb erleuchtet erscheint, sich nicht scharf bestimmen lässt. Die stark ausgezackte Gestalt des Mondes längs der Lichtgrenze macht diesen Moment, wenn er durch Beobachtung gefunden werden soll, um mehr als eine Viertelstunde unsicher. So fand *Riccioli* durch dieses Mittel die Parallaxe der Sonne = 30″, andre nur = 15″. — Ein drittes Mittel war, die Parallaxe eines der Erde näher kommenden Planeten zu suchen, die nothwendig grösser als die Sonnenparallaxe sein musste folglich leichter zu finden war, und aus der man, da die verhältnissmässigen Entfernungen durch *Keplers* Gesetz bekannt waren, leicht die Parallaxe der Sonne und aller übrigen Planeten berechnen konnte. Dies schlug nicht gänzlich fehl. Man wählte Venus in ihrer untern Conjunction, die man mit der Sonne, und Mars den man mit Fixsternen verglich (über letztern siehe nachher). Allein Venus ist in dieser Lage äusserst schwer wahrzunehmen und so erhielt man auch hierdurch keine sicheren Data, *Bianchini* folgerte aus solchen Beobachtungen eine

Sonnenparallaxe von 14″. Unter diesen Umständen machte *Halley* den obigen Vorschlag.

Man denke sich (Fig. 42) die Sonne in S ruhend; in V die Venus welche in der Richtung wie der Pfeil sie zeigt, ihre Bahn beschreibt, und in T die Erde. Diese bewegt sich zwar gleichfalls, jedoch langsamer als Venus, und so möge die Venusbahn v‴ v nur den Ueberschuss ihrer Bewegung über die der Erde (ihre relative Bewegung) vorstellen. In N sei der Nordpol der Erde und es mögen 2 Orte a und b gedacht werden. deren einer sich während des Durchgangs der Venus von a nach a′, der andre von b nach b′ in Folge der Rotation bewegt.

Der Ort a sieht Venus in die Sonnenscheibe eintreten, wenn sie sich auf der Linie a N, folglich in V″ befindet, wogegen der Ort b den Eintritt sehen wird, wenn Venus in V‴ auf der Linie b N steht; mithin sieht letzterer Ort den Eintritt früher. Gegen Ende des Phänomens ist a nach a′ gerückt und sieht den Austritt, wenn Venus auf der Linie a′ A in V′ steht, wogegen b, nach b′ gerückt, den Austritt auf der Linie b′ A also in V erblickt, mithin später, als der Punkt a′.

Die Dauer des Phänomens muss also aus beiden Gründen für den Punkt a eine kürzere sein als für den Punkt b, und bei dem langsamen Fortrücken der Venus auf der Sonnenscheibe (das ganze Phänomen währt gegen 7 Stunden) muss selbst eine sehr kleine Verschiedenheit der Richtungslinien (denn dass nur auf eine solche zu rechnen sei wusste man) doch eine merkliche Differenz in der Zeit bewirken. In der That war der Unterschied der Dauer, bei den beiden am günstigsten gelegenen Beobachtungsörtern während des letzten Durchganges 22½ Minute Zeit. — Aus diesen Unterschieden kann man nun rückwärts auf den Unterschied der Richtungslinien, also auf die Parallaxe in Beziehung auf die Oerter a und b schliessen, und da deren Lage auf der Erde selbst bekannt ist, auch auf die eigentlich sogenannte, sich auf den Halbmesser beziehende Parallaxe.

Die Methode giebt genau gesprochen weder die Sonne, noch die Venusparallaxe selbst, sondern den Unterschied beider, allein da die relativen Entfernungen bekannt sind, so wird man auch die Sonnenparallaxe finden können, sobald jener Unterschied gefunden ist.

Da alles darauf ankam, möglichst weit entlegene Punkte der Erde zu Beobachtungsstationen zu wählen, so begnügte man sich nicht mit den vorhandenen Sternwarten, die damals fast

nur in Mitteleuropa zu finden waren. Vielmehr scheuten Könige keine Kosten und die Astronomen keine Beschwerden, um keinen wichtigen Punkt unbenutzt zu lassen, denn eine Versäumniss hierin wäre für Jahrhunderte unersetzlich gewesen. Im tiefen Sibirien, an der Hudsonsbai, in Californien, auf Otaheite, am europäischen Nordcap und vielen andern Orten ward beobachtet. 1761 gelangen an vielen Orten die Beobachtungen gar nicht und an andern nur dürftig; 1769 hingegen war man glücklicher. *Encke* hat die damaligen Beobachtungen einer neuen und völlig scharfen Rechnung unterworfen und findet die Parallaxe der Sonne 8″,5774 mit einer Unsicherheit von ∓ 0″,037; eine spätere Verbesserung eines der Data (durch Wiederauffindung des Originaltagebuches *Hell's*, der auf Wardoehuus beobachtete) setzte sie auf 8″.569, und mit dieser letztern Zahl sind die numerischen Angaben in diesem Werke berechnet.

Die nächsten Durchgänge 1874 und 1882 geben wenig Hoffnung die Parallaxe schärfer zu erhalten: man müsste Orte in der Nähe des Südpols und auf sehr verschiednen Meridianen wählen, was grosse Schwierigkeiten haben dürfte.

Venus ist derjenige Planet, der in den meisten Beziehungen der Erde ähnlicher ist als irgend ein andrer. Sein Jahr, sein Tag, seine Gestalt, Grösse und Masse und alles davon abhängende sind wenig von den unsrigen verschieden; auch die Stärke des Sonnenlichts kommt dem auf der Erde am nächsten. Absichtlich habe ich bei ihm länger verweilt, obgleich wir von manchem andern verhältnissmässig mehr als von ihm wissen, denn er gab uns mehrfache Gelegenheit die Art und Weise kennen zu lernen, wie man durch Beobachtung zu astronomischen Bestimmungen gelange, und wie höchstnöthig dem Astronomen Vorsicht und Behutsamkeit sind. Hätten alle diejenigen, welche über die Beschaffenheit der Himmelskörper geschrieben haben, selbst Beobachtungen angestellt und Berechnungen durchgeführt, so würden wir weit weniger dreisten Behauptungen begegnen und von vielen Dingen scheinbar weniger wissen, aber dies Wenige würde den Charakter der Zuverlässigkeit tragen und bleibenden wissenschaftlichen Werth haben.

§. 93.
Die Erde.

Wir haben ihr bereits oben §. 11 — 30 unserm eignen Wohnort zwei besondere Abschnitte gewidmet: und die specielle Beschreibung seiner Oberfläche gehört der Astronomie

nicht an. Es sind also hier nur diejenigen Beziehungen zu erwähnen, welche in jenen Abschnitten noch nicht behandelt werden konnten, und gleichwohl in einer Himmelskunde nicht fehlen dürfen.

Ihrer Entfernung von der Sonne ist oben bereits Erwähnung geschehen: sie beträgt in Erddurchmessern ausgedrückt im Mittel 12038.

Die (unveränderliche, und nur in Folge der partiellen Störungen vom Mittel abweichende) siderische Umlaufszeit der Erde um die Sonne beträgt 365 T. 6ʰ 9′ 10″,7496; die tropische Umlaufszeit ist dagegen nicht ganz unveränderlich, denn die Präcession, welche den Unterschied beider bewirkt, hat eine Ungleichheit welche auf 38 Sekunden steigen kann. Gegenwärtig (1840) beträgt es 365 T. 5ʰ 48′ 47″,5711. Es wird in einem Jahrhundert um 0″,595 kürzer. Dieses ist das sogenannte Sonnenjahr, oder die Zeit welche die Wiederkehr der Jahreszeiten bestimmt.

Die tägliche Bewegung der Erde ist im Mittel 59′ 8″ 3; sie steigt im Perihel auf 61′ 10″,1 und sinkt im Aphel auf 57′ 11″,7; lineär gemessen ist sie im Mittel 355884 Meilen.

Die Länge des Perihels der Erdbahn ist 100° 11′ 27″,3; sie rückt jährlich tropisch um 61″,47 fort. Es fällt jetzt fast genau mit dem Anfang des Jahrs zusammen, so wie das Aphelium mit dem 3. Juli. Binnen 58 Jahren rückt es um 1 Tag vorwärts, und in etwa 21000 Jahren ist es wieder zu denselben Datum gelangt.

Die Excentricität der Erdbahn ist jetzt 0,01677506 und ihre Verminderung in einem Jahrhundert ist 0,00004299; hieraus folgt die grösste Mittelpunktsgleichung = 1° 55′ 20″,5 und ihre Abnahme in einem Jahrhundert = 17″,7.

Die Neigung des Aequators der Erde gegen die Bahn derselben beträgt 23° 27′ 35, 8; sie ist in einer Abnahme begriffen, die jährlich 0″,4758 beträgt; sie wird nach Jahrtausenden bis 21° abnehmen; und dann langsam wieder zunehmen. Die Grenzen, innerhalb deren sie schwankt, sind etwa 6 Grad von einander entfernt.

Da die Bahn der Erde als Grundebene angenommen wird, so fallen die Begriffe Neigung und Knoten für diese weg.

Der Punkt, wo der Erdäquator die Ekliptik schneidet, und zwar der aufsteigende Knoten der letzteren Ebene auf der ersteren, ist stets Null, denn von ihm aus zählt man die Längen wie die Rectascensionen. Er weicht jährlich um 50″,221

nach Westen zurück. Dieses Zurückweichen ist nicht ganz gleichförmig: eine der Ungleichheiten rührt von der Sonne her, ihre Periode ist ein halbes Jahr und sie beträgt 1″,34; eine andre vom Monde, ihre Periode ist die Knotenperiode des Mondes (18⅔ Jahr) und sie beträgt 16″,78. Andre Ungleichheiten rühren von der Anziehung der Planeten her: sie sind kleiner haben aber weit längere Perioden und wachsen dadurch bedeutend an.

Dieselben Ursachen bewirken auch eine Schwankung in der Schiefe der Ekliptik. Der Mond bewirkt im Maximo 8″,98, die Sonne 0″,58 Abweichung von der mittlern Schiefe.

Der Unterschied zwischen Sterntag, wahren und mittleren Sonnentagen ist oben §. 41 — 42 bereits berührt, es kommt also hier nur auf die genaueren numerischen Vergleichungen an.

Der Sterntag hat $23^h\ 56'\ 4'',091$ mittlere Zeit (die wahre Rotationsperiode);

der mittlere Sonnentag 24^h

der wahre Sonnentag $\begin{cases} 24^h\ 0'\ 30'',0 & \text{im Maximo zu Ende Decembers;} \\ 23\ 59\ 39,0 & \text{im Minimo Mitte Septembers.} \end{cases}$

Mittlere und wahre Zeit fallen 4 mal im Jahre zusammen: April 14, Juni 14, Aug. 31, Decbr. 23; die Maxima und Minima der Zeitgleichung sind:

—	14′ 34″	in der Mitte Februars
+	3 55	in der Mitte des Mai
—	6 9	gegen Ende Juli
+	16 16	im Anfange November.

Das + deutet an, dass die wahre Zeit vor der mittlern voraus sei.

Die ungleiche Länge der Jahreszeiten rührt vom elliptischen Laufe der Erde her. Astronomisch genommen werden nämlich Anfang des Frühlings und Herbstes durch die Nachtgleichen, Anfang des Sommers und Winters aber durch die Solstitien bestimmt. Bei einer gleichen Winkelbewegung würden diese 4 Zeitabschnitte einander gleich sein, auch die Schiefe der Ekliptik würde keine Differenzen veranlassen, da die Reduktion einer Ebene (der Ekliptik) auf die andre (hier den Aequator) in den 4 oben bezeichneten Punkten gleich Null ist. Träfe — wie es jetzt noch beinahe der Fall ist und im Jahre 1284 ganz genau statt fand — das Perihelium mit dem Sol-

stitium zusammen, so wären Herbst und Winter gleich lang (jeder 89 ½ Tag) eben so Frühling und Sommer (jeder 93 ⅛ Tag). Fiele das Perihel auf ein Aequinoctium, so hätten Winter und Frühling gleiche Länge; und eben so Sommer und Herbst. Gegenwärtig ist der Winter der Nordhalbkugel

	89	T.	1 St.
der Frühling	92	„	22 „
der Sommer	93	„	14 „
der Herbst	89	„	17 „

§. 94.

Das feste Land der Frde beträgt etwa 0,28; das Wasser 0,72 der Gesammtoberfläche, die Quantität des letztern ist sehr schwierig zu bestimmen da wir über die Tiefe der Meere noch wenig wissen. Der feste, starr gewordne Erdkörper behält die Form, welche er einmal angenommen hat; der Wasserkörper hingegen kann, wenn eine äussere Veranlassung dazu gegeben ist, seine Form verändern. Eine solche Veranlassung liegt in der ungleichen Anziehung, welche die beiden Halbkugeln der Erde von Sonne und Mond erfahren. Die den genannten Körpern zugewendeten Seiten sind ihnen nämlich näher als die abgewendeten und erfahren eine stärkere Anziehung als diese. Während der feste Erdkörper also der mittlern Anziehung folgen und hiernach seine Bewegungen beschreiben muss, wird der Wasserkörper, dieser verschiednen Anziehung gemäss, auch seine Form ändern können. Es erzeugt sich senkrecht unter dem anziehenden Körper eine Erhebung des Wassers (Fluthwelle) nicht durch Emporsteigen (wie man es sich häufig irrig vorgestellt und daraus vermeintliche Einwürfe gegen diese Erklärung hergenommen hatte) sondern durch Herbeiströmen von allen Seiten. Aber eine ähnliche Fluthwelle muss sich auch auf der entgegengesetzten Seite bilden, denn da dort die Anziehung geringer ist, so muss das Wasser sich ebenfalls weiter vom Mittelpunkte entfernen. Beide nahe gleich grossen Fluthwellen rücken nun vom Orte ihres ersten Entstehens (dem grossen Ocean) aus von O nach W fort, werden aber durch die vorspringenden Landmassen abgelenkt und genöthigt, um diese herum zu fliessen*)

*) Nicht als ob der Wasserkörper, oder nur ein Theil desselben, innerhalb 24 Stunden eine Reise um die Erde mache. Es ist im Gegentheil eine sich fortpflanzende Bewegung vieler Theil-

So entstehen Partialwellen, die in die einzelnen Meerbusen, Meeresarme und Strommündungen eindringen und hier eine Erhebung des Wassers bewirken, die nach Umständen sehr beträchtlich sein kann. Man nennt dieses Herandringen **Fluth**, und das Wiederabfliessen des Wassers **Ebbe** (ein gemeinschaftlicher Name für aestus, marée, tide fehlt uns).

Nur zwei Himmelskörper, **Sonne** und **Mond** (ersterer seiner Grösse, letzterer seiner Nähe wegen) üben eine bemerkbare Wirkung dieser Art aus. Da sie ihrer Natur nach in der Klasse der Störungen gehört, die sich umgekehrt wie der Cubus der Distanz und direkt wie die störende Masse verhalten (§. 74.) so übt der 400 mal nähere Mond eine stärkere Wirkung als die 345936×88,74 mal grössere Sonne. Beide Fluthwellen fallen zusammen wenn die drei Körper Erde, Mond und Sonne eine grade Linie bilden, was genau genommen nur bei Finsternissen möglich ist, näherungsweise aber in jedem Voll- und Neumonde geschieht. Sie summiren sich alsdann, und wenn M die vom Monde, S die von der Sonne bewirkte Fluth ist, so wird ihre Höhe alsdann = (M + S.) Zur Zeit der Quadraturen fällt die Mondfluth dahin, wo die Sonne ihre Ebbe bewirkt, die Fluth erreicht also nur die Höhe (M — S.) Da nun beide Grössen durch Beobachtungen erforscht, mithin M und S, also auch ihr Verhältniss M : S bestimmt werden können, so hat Laplace hieraus rückwärts die Masse des Mondes zu bestimmen versucht. Allein er selbst sagt, dass er dies Resultat für weniger sicher als das aus den Nutationsbeobachtungen abgeleitete halte, da zu viele verschiedne physische Ursachen sich vereinigten, um die Aufgabe zu einer höchst verwikelten zu machen.

Aus der Stellung des Mondes und der Sonne gegen die Erde, verbunden mit der sogenannten **Hafenzeit** (der Verspätung der Fluth in Bezug auf den Meridiandurchgang des Mondes) lässt sich die Zeit des Eintritts der Fluth und Ebbe, für jeden Ort insbesondere, vorausbestimmen, so wie näherungsweise auch die Höhe der Fluth. Letztere ist im Allgemeinen zur Zeit der Nachtgleichen am grössten, so wie grösser in der Erdnähe des Mondes als in der Erdferne; am grössten, wenn die Erdnähe mit den Nachtgleichen und einer Finsterniss des Mondes oder der Sonne zusammenfällt. Wirkten nicht Winde

chen, ähnlich wie bei den gewöhnlichen Wellen, den Schallwellen der Luft und den Lichtstrahlen (Lichtwellen) des Aethers.

und andre Strömungen des Meeres mit, so würde auch die Höhe der Fluth sich genau vorausberechnen lassen.

Der Erdmond.

§. 95.

Dieser beständige Begleiter der Erde giebt ihr eine eigenthümliche Stellung im Planetensystem: umgeben von nahe gleich grossen, gleich dichten, ja in den meisten physischen Beziehungen sich sehr ähnlich verhaltenden aber mondlosen Weltkörpern — Mercur, Venus und Mars — tritt sie dennoch aus der Reihe der isolirten einfachen Planeten heraus und in die gleiche Kategorie mit den drei grössern und entferntern. Wir können Erde und Mond als einen Doppelplaneten — analog den Doppelsternen — ansehen, denn auch die Differenz der Massen und Durchmesser beider Weltkörper ist weit geringer als wir sie bei Körpern verschiedener Ordnung im Sonnensystem anzutreffen gewohnt sind. Der gemeinschaftliche Schwerpunkt beider liegt 88mal weiter vom Mond- als vom Erdmittelpunkt und fällt hiernach noch in den Erdkörper selbst, jedoch ihrer Oberfläche näher als ihrer Mitte; während in den Systemen des Jupiters, Saturn und Uranus diese Schwerpunkte mit den Mittelpunkten so nahe zusammenfallen, dass wir auch bei den schärfsten Bestimmungen diese Differenz ganz vernachlässigen können.

Bei Betrachtung der Bahn des Mondes um die Erde müsste also eigentlich der erwähnte Schwerpunkt als Centrum betrachtet werden. Dieser läuft nämlich in einer Ellipse um die Sonne, und sowohl die Erde als der Mond laufen um ihn: wie es in allen ähnlichen Fällen Statt findet und nach dem *Newton*schen Gesetze stattfinden muss. Allein beide Bahnen sind einander in allen Beziehungen durchaus ähnlich, haben dieselben Perioden, sowohl was den mittleren Umlauf selbst, als auch die Ungleichheiten und Veränderungen der Elemente betrifft; der Schwerpunkt liegt stets in gerader Linie zwischen den Mittelpunkten beider Körper und das Verhältniss seines Abstandes von diesen Punkten ist ein durchaus constantes. Daraus folgt, dass man sich erlauben darf die Erde als ruhend in Beziehung auf den Mond zu betrachten und auf letztere **beide** Bewegungen zu übertragen, und dies wird auch im Folgenden durchweg geschehen.

Die Bahn des Mondes im **Sonnensysteme** ist gleichfalls von der um die Erde zu unterscheiden. Indem nämlich die Erde während der Zeit, dass der Mond um sie läuft, selbst

in ihrer Bahn um die Sonne fortrückt, hat der Mond in Bezug auf die Sonne keinen Kreis, sondern eine Cycloide (Radlinie) beschrieben. Die Form dieser Radlinie hängt von dem Verhältniss der beiderseitigen Geschwindigkeiten ab. Wäre die (lineär gemessene) Fortrückung des Mondes in Beziehung auf die Erde grösser, als die der Erde in Beziehung auf die Sonne, so würden wir eine Cycloide mit Durchschlingungen erhalten (Fig. 43.). Allein die Erde rückt durchschnittlich in jeder Minute 241 Meilen, der Mond nur etwa 8 Meilen fort. Es folgt hieraus, dass er in Beziehung auf die Sonne nie retrograd werden kann. (Bei den Jupiters- und Saturnsmonden ist dies allerdings in den untern Conjunctionen der Fall). Die Cycloide des Erdmondes erhält also die folgende Gestalt: (Fig. 44.) a, a′, a″ sind die Punkte der untern Conjunction, b, b′, b″ die der obern. Dabei bezeichnen die kleinen wechselsweise leeren und vollen Kreise den Ort der Erde in den verschiednen Punkten ihrer Bahn, die den Hauptpunkten der Mondbahn entsprechen.

Auch dieses Verhältniss wird bei der Bestimmung des Mondortes nicht weiter berücksichtigt. Wir beziehen den Lauf des Mondes auf die Erde, und auf die Sonne nur in sofern als die Entwickelung der Ungleichheiten (Störungen) der Bahn um die Erde dies nöthig macht, von denen weiter unten die Rede sein wird.

Der Mond läuft also um die Erde und gleichzeitig mit der Erde um die Sonne. Wir wollen im Folgenden die Elemente dieses Laufes zuerst nur äusserlich zur Anschauung bringen und hierauf den ursächlichen Zusammenhang, so weit es ohne Anwendung der Analysis möglich ist, entwickeln.

Der wahre Umlauf des Mondes um die Erde währt 27 Tage $7^h\ 43'\ 11'',5$; und seine mittlere Entfernung von derselben 51803 Meilen. Nach Verlauf dieser Zeit steht der Mond, in Beziehung auf Länge, wieder bei demselben fixen Punkte des Himmels (demselben Eixsterne) und er hat also 360^0 seines Laufes zurückgelegt. Hieraus lässt sich leicht die tägliche, stündliche u. s. w. mittlere Bewegung des Mondes ableiten, so wie die Zeit welche er gebraucht, um eine gegebene Anzahl von Graden zu durchlaufen. — Diese wahre Umlaufszeit heisse t; sie führt auch den Namen der siderischen.

Etwas verschieden hiervon ist (wie bei den Planeten) die Zeit in welcher der Mond zu dem Punkte 0^0 der Länge (dem

Aequinoctialpunkte) zurückkehrt. Da diese Punkte eine retrograde Bewegung haben, so ist der tropische Umlauf des Mondes etwas kürzer, nämlich 27 Tage 7^h $43'$ $4''$, 7. Er möge mit t′ bezeichnet werden.

Eine viel bedeutendere Verschiedenheit aber findet zwischen der wahren (periodischen) und synodischen Umlaufszeit statt. Die Rückkehr des Mondes zu dem Punkte, wo er mit Erde und Sonne eine gerade Linie bildet (also zu derselben Conjunction) verzögert sich um mehr als 2 Tage; denn die Erde ist inzwischen etwa um den 13. Theil ihrer eignen Bahn fortgerückt und die Richtungslinie von der Erde zur Sonne ist eine ganz andre geworden. Der Mond muss also, nach Vollendung eines periodischen Umlaufs, noch einen beträchtlichen Bogen von etwa 29 Graden) zurücklegen, um in die solchergestalt veränderte Richtungslinie zu gelangen. Die Erde stehe (Fig. 45.) in T, der Mond in m, und die Sonne (400 mal weiter entfernt) nach derselben Richtung hin, der Mond mache einen periodischen Umlauf während die Erde von T nach T′ rückt, so wird er in m′ stehen, wenn man T′ m′ mit T m parallel zieht, allein T′ m′ ist jetzt nicht mehr die Richtung zur Sonne. Um diese zu erreichen muss der Mond (während die Erde bis T″ fortläuft) in seiner Bahn um die Erde den Bogen m′ m″ zurücklegen und dies wird sich bei jedem Umlauf wiederholen. Der synodische Umlauf ist also länger als der periodische, und zwar um die Zeit welche der Bogen m′ m″ erfordert. Der mittlere synodische Umlauf beträgt 29 Tage 12^h $44'$ $2''$, 9 und dies bezeichnen wir durch t″.

Wenn man die Umlaufszeit der Erde um die Sonne kennt, so lässt sich aus dem beobachteten synodischen Umlaufe der tropische ableiten; und kennt man die Vorrückung der Nachtgleichen, so ergiebt sich auf ganz ähnliche Weise aus dem tropischen Umlaufe der wahre (siderische). So verfuhr man bereits im Alterthume, denn die für alle Lebensverhältnisse wichtigen, ja unentbehrlichen Perioden des Erd- und Mondlaufs waren Gegenstand der allerfrühesten Beobachtungen für alle Völker. An sie knüpfte sich die Zeitrechnung; durch sie allein ward es möglich, Ordnung und Uebereinstimmung in alle Verrichtungen zu bringen; sie waren die Grundlage historischer Ueberlieferungen, und die von ihnen abhängenden astronomischen Momente, besonders die Finsternisse, leiten den Alterthumsforscher sicherer durch das chronologische Dunkel der Vorzeit, als es Hunderte von hohlen und nichtssagenden Kö-

nigsnamen jemals vermochten. Die Entwickelung des Menschengeschlechts wäre eine von der jetzigen ganz verschiedene geworden, hätte die Erde keinen Mond erhalten.

§. 96.

Die oben mit t, t′ und t″ bezeichneten Perioden beziehen sich sämmtlich nur auf den mittleren Zustand, wie er für die gegenwärtige Zeit stattfindet, da eine Menge von Ursachen dazu beitragen, sie sämmtlich veränderlich und den Mondlauf zu einem äusserst verwickelten zu machen. Die erste dieser Ursachen ist die elliptische Form der Mondbahn, verbunden mit dem Umstande, dass der Ort der Erdnähe (Perigäum) selbst und zwar sehr rasch veränderlich ist, so dass er schon in 8 Jahren 310 T 13^h 48′ 53″ um den ganzen Himmel herumläuft. Die Bewegung ist eine direkte, also im Sinne der Mondbahn selbst, deshalb braucht der Mond längere Zeit sein Perigäum wieder zu erreichen, als er gebrauchte um einen siderischen Umlauf zu vollenden. Man nennt diese Zeit (t‴) den anomalistischen Umlauf und sie beträgt 27 T 13^h 18′ 37″, 4, wir werden weiter unten die Ursach dieser Erscheinung im Allgemeinen kennen lernen.

Die Excentricität der Mondbahn (gleichfalls eine veränderliche) beträgt 0,0548442 der halben grossen Axe oder = 2841 Meilen; woraus man, abgesehen von den Störungen, die grösste Entfernung des Mondes von der Erde 54644, die kleinste 48961 Meilen findet.

Hieraus folgt nach den bekannten Gesetzen eine ungleiche Winkelbewegung des Mondes in seiner Bahn, und man findet seine Mittelpunktsgleichung 6° 17′ 12″, 7. Wir werden indess weiterhin sehen, dass der wahre Ort des Mondes vom mittlerm sich noch beträchtlich weiter entfernen kann.

Die Neigung der Mondsbahn gegen die Ekliptik beträgt 5° 8′ 49″ und ist gleichfalls veränderlich. Sie kann bis zu 5° 0′ sinken und auf 5° 18′ steigen. Der Durchschnittspunkt dieser Bahn mit der Ekliptik ist einer raschen Veränderung unterworfen; er geht innerhalb 18 Jahren 218 T. 21^h 22′ 46″, und zwar gegen die Ordnung der Zeichen, also retrograd in Beziehung auf die Mond- und Erdbahn, um den Himmel herum. Daraus folgt, dass der Mond nicht volle 360° zu durchlaufen hat, um wieder zum aufsteigenden Knoten zu gelangen, dass also der dracanitische Umlauf, wie man diese Periode genannt hat, nur 27 Tage 5^h 5′ 36, 0 währt.

Näher betrachtet, ist weder das Vorrücken des Perigäums,

noch das Rückwärtsgehen der Knoten constant, beide Bewegungen können vielmehr sowohl retrograd als direkt sein, und sind es wirklich während jedes Mondumlaufes. Die angeführten Perioden sind nur mittlere Resultate, welche dadurch entstehen, dass beim Perigäum die direkte, bei den Knoten die retrograde Bewegung überwiegt, wenn man den Lauf im Ganzen betrachtet.

Die vorstehend angeführten Werthe, nämlich

$$t = 27^t\ 7^h 43' 11'',5$$
$$t' = 27\ 7^h 43\ 4'',7$$
$$t'' = 29\ 12^h 44\ 2,9$$
$$t''' = 27\ 13^h 18\ 37,4$$
$$t'''' = 27\ 5\ 5\ 36,0$$

gelten auch als Mittelwerthe nur für die gegenwärtige Zeit (1840) und sind Veränderungen unterworfen, die aber Perioden von vielen Jahrtausenden umfassen und welche erst eine sehr späte Zukunft nach aller Schärfe bestimmen wird. Diese Veränderungen sind indess so klein, dass sie unmerklich bleiben würden wenn wir nicht Beobachtungen, die aus dem griechischen und babylonischen Alterthum datiren, mit den unsrigen vergleichen könnten. Seit den frühesten auf uns gelangten Finsterniss Beobachtungen der Chaldäer hat der Mond gegen 30000 Umläufe vollendet, mithin können Veränderungen, die für jeden einzelnen Umlauf nur Bruchtheile von Sekunden betragen, für den ganzen vorliegenden Zeitraum zu mehreren Stunden anwachsen. Man kannte die hieraus entstehenden Abweichungen schon seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, aber erst *Laplace* gelang es die Ursach aufzufinden und zugleich die Quantität genau zu ermitteln. Bezeichnet man die Verbesserungen, welche man an die jetzigen Werthe von t, t' anbringen muss, um die vor 2000 Jahren gültigen aus ihnen zu erhalten, mit $\triangle t$, $\triangle t'$ so findet sich

$$\triangle t = + 0,''56$$
$$\triangle t' = + 0,56$$
$$\triangle t'' = + 0,61$$
$$\triangle t''' = + 0,57$$
$$\triangle t'''' = + 0,55$$

Die Perioden waren also sämmtlich etwas länger, und hiermit hängt zugleich nothwendig eine grössere Entfernung des Mondes zusammen, die aber durchaus unmerklich ist, denn die Rechnung ergiebt für jene Zeit nur einen um 180 Fuss grössern Abstand des Mondes als gegenwärtig. Sonach wird also

der Mond in den nächsten Jahrtausenden noch etwas rascher als jetzt umlaufen, bis die Periode ihr Ziel erreicht hat.

Die allgemeine Quelle dieser Veränderungen ist die Sonne, die auf Erde und Mond zugleich, aber nicht völlig gleich viel wirkt. Ohne diese Miteinwirkung der Sonne würde der Mond um einige Stunden rascher als jetzt um die Erde laufen und ihr einige hundert Meilen näher rücken. Es findet sich ferner, dass der Lauf des Mondes langsamer wird, wenn der Mond mit Erde und Sonne in gerader Linie steht, schneller hingegen wenn er mit ihnen einen rechten Winkel macht. Schon *Ptolomäus* bemerkte dies und bezeichnete diese Ungleichheit mit dem Namen Evection. Sie kann den Ort des Mondes, wie er ohnedem statt finden würde, um mehr als einen Grad verändern. Hätten die Alten den Mond auch in andern Punkten seiner Bahn sorgfältig beobachtet (sie beschränkten sich fast nur auf Voll- und Neumond, d. h. Sonnenfinsternisse) so würden sie noch eine zweite Ungleichheit gefunden haben, deren Entdekkung *Tycho de Brahe* gebührt. Sie besteht gleichfalls in einer Verlangsamerung und resp. Beschleunigung des Laufes, macht sich aber am merklichsten in den sogenannten Octanten d. h. denjenigen Punkten, die zwischen Vollmond und letztem Viertel, letztem Viertel und Neumond u. s. w. in der Mitte liegen. Sie führt den Namen der Variation, ist indess noch nicht halb so stark als die Evection.

Der Lauf des Mondes ist ferner im Winter etwas langsamer als im Sommer, oder genauer gesprochen, es tritt eine Verzögerung des Mondlaufs ein wenn die Erde der Sonne näher kommt und folglich die Wirkung der letztern stärker wird; sie heisst die jährliche Gleichung, da ihre Periode nicht der Mondsumlauf, sondern das Jahr der Erde ist.

Damit aber sind die Ungleichheiten des Mondlaufs bei weitem nicht erschöpft. In der neuesten und gründlichsten Mondstheorie von *Hansen* kommen mehr als hundert verschiedene Ungleichheiten vor, die man, wo es sich um die äusserste Genauigkeit handelt, sämmtlich einzeln für jeden Mondort berechnen muss. Die meisten betreffen den Ort des Mondes in Länge, andre die Breite und Entfernung desselben. Man hat, um die Rechnungen möglichst zu erleichtern, Mondstafeln entworfen, in denen alles auf feste Perioden gebracht und in Zahlen dargestellt ist. *Tobias Mayer* lieferte die ersten, welche auf eine gründliche Theorie basirt worden; später haben *Mason*, *Bürg*, *Burckhardt* und *Damoiseau* vollkommnere

und ausführlichere geliefert: die Ausgabe neuer, nach *Hansen's* Theorie berechneter, steht bevor.

§. 97.

Es frägt sich nun auf welche Weise die Sonne alle diese Veränderungen und Ungleichheiten bewirke. (Allerdings haben auch die Planeten einigen Einfluss darauf, doch ist dieser nur bei Jupiter und Venus noch einigermaassen zu berücksichtigen, bei allen übrigen kann man ihn in Null setzen). Erinnern wir uns, dass die Kraft, mit welcher die Sonne Körper anzieht, sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, also z. B. 4 mal schwächer ist, wenn der angezogene Körper doppelt so weit entfernt ist. Stehe nun Erde, Sonne und Mond in gerader Linie, entweder in der Ordnung S E M oder in der S M E, so wird im ersten Falle die Erde stärker als der Mond, in letzterem der Mond stärker als die Erde angezogen, in beiden Fällen aber die Distanz zwischen Erde und Mond dadurch vergrössert und folglich die Kraft, mit welcher die Erde auf den Mond wirken kann, vermindert, so wie die Bewegung des letztern verlangsamert. Wenn dagegen Mond, Erde und Sonne einen rechten Winkel bilden, der Abstand beider Körper von der Sonne also beiläufig gleich ist, so ist zwar die Kraft selbst, mit welcher die Sonne sie anzieht, nicht verschieden, wohl aber die Richtung der Anziehung. Beide Richtungen convergiren nämlich zur Sonne, woraus folgt, dass Mond und Erde einander etwas genähert, die Wirkung beider auf einander verstärkt, und die Bewegung des einen um die andre beschleunigt wird. Auf diese Weise erklärt sich die Evection.

Man könnte sich nun vorstellen, dass diese wechselsweise Verzögerung und Beschleunigung zwar Ungleichheiten in den einzelnen Punkten der Bahn veranlasse, im Ganzen aber sich ausgleiche und dass hiernach der volle Umlauf selbst unverändert derselbe bleibe. Dem ist jedoch nicht so, wie eine nähere Betrachtung ergeben wird.

Die Entfernung des Mondes von der Erde ist $^1/_{400}$ der Entfernung von der Sonne; die Distanzen sind also für die drei zu vergleichenden Punkte: Vollmond, Erde, Neumond, die folgende:

$$1\,^1/_{400};\quad 1;\quad ^{399}/_{400}$$

oder in Decimalbrüchen

$$1{,}00250;\quad 1;\quad 0{,}99750$$

woraus sich das Verhältniss der anziehenden Kraft der Sonne für diese 3 Punkte ergiebt:

$$0{,}99500;\quad 1;\quad 1{,}00500$$

Der Mond wird also im Vollmonde um 0,00500 oder $^1/_{200}$ der Gesammtanziehung der Sonne weniger genähert als die Erde, im Neumond um eben so viel mehr; ist also die Gesammtanziehung = m, so ist die Evection für Voll- und Neumond = + $^1/_{200}$ m.

Betrachten wir jetzt die Lage ME, oder die Quadraturen (erstes und letztes Viertel) so sei abermals die Gasammtanziehung S, welche sowohl Erde als Mond in gleichem Maasse erfahren, = m. Die Converganz der beiden Richtungen MS und ES beträgt aber, wie wir sehen, $^1/_{400}$; der Mond wird folglich der Erde um $^1/_{400}$ m näher gerückt, d. h. nur um die Hälfte dessen, was wir oben für die grössere Entfernung im Voll- und Neumonde gefunden hatten. Die beiden einander entgegengesetzten Wirkungen compensiren sich also nur zum Theile, und das Ganze kommt darauf hinaus, dass der Mond (wie oben gesagt worden) etwas entfernter von der Erde stehe und langsamer laufe, als ohne Zuthun der Sonne geschehen würde.

Dieses Verlangsamern würde constant bleiben, wenn die Anziehung m constant bliebe, denn alsdann wäre auch $^1/_{200}$ m — $^1/_{400}$ m constant. Wird aber m selbst grösser oder kleiner, so müssen es auch die davon abhängenden Veränderungen werden. Nun steht am 1. Januar die Erde der Sonne am nächsten, m ist also dann am grössten, und alles damit Zusammenhängende am merklichsten, folglich auch die Verlangsamerung des Mondlaufs; im Anfang Juli tritt dagegen der umgekehrte Fall ein. Man sieht hierin den Grund der Ungleichheit, welche oben als jährliche Gleichung bezeichnet ist. Sie würde wegfallen, wenn die Bahn der Erde um die Sonne kreisförmig wäre, dagegen stärker hervortreten, wäre die Excentricität der Erdbahn grösser.

Diese Exentricität der Erdbahn hat sich nun seit den Zeiten der ältesten Beobachtungen bis jetzt wirklich vermindert, und also auch die jährliche Gleichung. Allgemein betrachtet, scheint dies ohne Einfluss auf den mittleren Mondslauf zu sein, doch auch dies ist nicht in aller Strenge wahr. Von zwei Ellipsen, welche dieselbe grosse Axe, aber verschiedne Excentricität haben, hat die welcher die kleinere Excentricität zukommt, einen grösseren Flächeninhalt. Die mittlere Entfernung des in der Ellipse umlaufenden Körpers, so wie die Umlaufszeit desselben, wird zwar dadurch nicht geändert, wohl aber die Summe sämmtlicher Radienvectoren, wenn man sie in

gleichen Distanzen durch die Peripherie vertheilt. Allein von dieser ist m oder die Kraft womit die Erde angezogen wird, abhängig, und jeder Umstand, der m verändert, verändert auch nothwendig den mittlern Mondabstand, wie wir oben gesehen haben. Daraus erklärt sich die obige Bemerkung, dass in der Vorzeit jener Abstand und mithin auch die Umlaufszeit des Mondes grösser war, als gegenwärtig.

Die Variation entsteht dadurch, dass die Richtung, nach welcher die Sonne auf Erde und Mond wirkt, mit der vom Monde zur Erde gehenden einen schiefen Winkel macht. Dadurch entsteht nicht sowohl ein direktes Nähern und Entfernen, sondern vielmehr ein Vor- oder Rückwärtsschieben des Mondes in Bezug auf seinen ungestörten Ort, welches in den 4 Cardinalpunkten der Mondbahn verschwindet, in jedem der 4 Octanten sich aber wiederholt.

Schwieriger ist die Erklärung des Umstandes, dass das Perigäum vorwärts rückt. Erinnern wir uns aber, dass die Form der Bahn von dem Verhältnisse der (durch die Bahnbewegung erzeugten) Tangentialkraft zur Centripetalkraft abhängt, so ergiebt sich dass ein geändertes Verhältniss beider Faktoren auch die Gestalt oder Lage der Bahn ändern muss. Jede Bahn wird, wie auch dieses Verhältniss ursprünglich beschaffen gewesen sei, ein Kegelschnitt werden: kommt aber von aussen eine Störung hinzu, wodurch eine der beiden Kräfte, beziehungsweise zur andern, vermehrt oder vermindert wird, so wird auch z. B. die Ellipse sich ändern müssen. Wird die Centripetalkraft vermindert, so nähert sich der umlaufende Körper langsamer seinem Centralkörper. Er wird folglich, wenn er vom Punkte seines kleinsten Abstandes an einen Bogen von 360° zurückgelegt hat, noch nicht dahin gelangt sein diesen kleinsten Abstand wieder zu gewinnen, sondern noch einen gewissen Bogen, der von der Grösse der Störung abhängt, zurücklegen müssen: das Umgekehrte fände statt, wenn die Centripetalkraft in Folge der störenden Einwirkung sich vermehrte. Wir haben oben gesehen, dass die Evection des Mondes in einer wechselweisen Vermehrung und Verminderung der Centripetalkraft bestehe, dass aber die letztere überwiege. Es wird also der angeführte Fall hier seine Anwendung finden: der Mond wird längere Zeit bedürfen sein Perigäum zu erreichen als ein wahrer Umlauf erfordert; das Perigäum (und damit nothwendig die ganze Apsidenlinie) rückt also vorwärts.

Noch ist des Rückwärtslaufens der Knoten zu gedenken.

Man denke sich (Fig. 46.) die Ebene der Ekliptik senkrecht auf der des Papiers und A B in diese Ebene liegend, eben so sei M M′ ein Theil der (gleichfalls auf der Ebene des Papiers senkrechten) Mondbahn. Die Sonne, aus der Ebene der Ekliptik her auf den ausserhalb (etwa in m) stehenden Mond wirkend, wird dahin streben ihn näher zur Ekliptik heranzuziehen, so dass er statt der ausgezogenen Linie M O die punktirte M O′ beschreibt, also den Knotenpunkt früher erreicht als ausserdem geschehen wäre. Man sieht nun freilich wie die Knoten zurückweichen; es scheint aber dass gleichzeitig auch die Neigung grösser geworden sei. Bedenken wir indess dass nach dem Durchgange durch den Knoten das Heranziehen zur Ekliptik den Winkel wieder verkleinern muss, so sehen wir dass die Wirkung auf den Neigungswinkel eine Compensation erhält, und er daher im Ganzen gar wohl derselbe bleiben kann, während der Knoten seine rückgängige Bewegung nicht wieder compensirt, so wird das oben Gesagte klar werden.

§. 98.

Wir haben die hauptsächlichsten störenden Wirkungen der Sonne auf den Mond in den allgemeinsten Umrissen, und zwar jede derselben für sich betrachtet: dies genügt indess bei Weitem nicht wo eine genaue Entwickelung gefordert wird. Anomalie, Evection, Variation, jährliche Gleichung u. s. w. finden nicht isolirt neben einander, sondern gleichzeitig statt und eins wirkt auf das andre zurück. Wenn auf diese Weise die verschiedenen Störungen sich gleichsam einander selbst wieder stören, so muss der welcher genaue Berechnungen machen will, auf alle diese Zwischenglieder Rücksicht nehmen. Daher die grosse Anzahl der anzubringenden Correctionen, die sogar eine unendliche sein würde, wenn nicht alle diejenigen, die eine gewisse Grösse nicht überschreiten, vernachlässigt werden könnten. Es ist eine der grössten analytischen Schwierigkeiten hierin das Rechte zu treffen, und es erfordert ganz eigenthümliche scharfsinnige Combinationen, wenn man sicher sein will keins der noch merklichen Glieder zu vernachlässigen, und gleichwohl die Form der Berechnung so einzurichten das alles Ueberflüssige wegfalle.

Unter den im Vorstehenden nicht erwähnten kleineren Störungsgliedern ist eins, welches sich ändern würde, wenn die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne eine andre wäre. Dies ist nun zwar scheinbar der Fall bei allen angeführten Störungen, allein mit dem wesentlichen Unterschiede, dass ge-

nau genommen ihre Grösse nicht direkt von der Entfernung, sondern von dieser und der Sonnenmasse zusammengenommen, also von der Kraft K abhängen, welche in Bezug auf die Erde wirksam ist. Unsre Kenntniss des numerischen Werthes dieser Kraft ist nun von der der Sonnenentfernung in so fern nicht abhängig, als wir bei einem — etwa in Folge genauerer Beobachtungen — verändert angenommenen Werthe derselben nicht K, sondern die Sonnenmasse ändern müssten, wobei sodann alle Störungen der Mondbahn, diese eine ausgenommen, dieselben blieben. Die erwähnte Störung heisst die parallaktische Gleichung, denn ihre Ermittelung auf dem Wege direkter Beobachtung kann dienen, die Sonnenparallaxe und folglich die Entfernung der Sonne zu bestimmen. Bis jetzt ist zwar die Uebereinstimmung der Mondbeobachtungen noch nicht so gross, um dem auf diese Weise erlangten Resultate gleiches Gewicht mit dem durch Beobachtung des Venusdurchgangs ermittelten beizulegen, jedenfalls aber ist es wichtig, dass zwei auf gänzlich verschiednem Wege erhaltene Werthe dieses wichtigen Elements so nahe übereinstimmen.

Die Erscheinungen, welche der Mondumlauf uns darbietet, wiederholen sich zwar auch in allen andern Fällen wo drei oder mehrere Körper auf einander wirken, also z. B. im Laufe der Planeten. Aber während bei letzteren oft Myriaden von Jahren verfliessen, ehe eine Störungsperiode abläuft, umfassen sie beim Monde nur einen oder einige Monate, höchstens Jahre, können also durch Beobachtung gefunden und die Theorie durch diese erprobt und bestätigt werden, was jetzt wenigstens noch nicht möglich wäre wenn der Betrag einer Störung sich mehrere Menschenalter hindurch nahe auf derselben Höhe erhielte. So sind die Untersuchungen über den Mondumlauf nicht blos von Wichtigkeit für diesen allein, sondern für die gesammte Theorie der Astronomie.

§. 99.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung des Mondes selbst, so zeigt er sich uns als eine Kugel, die in mittlerer Entfernung, nach *Burckhardts* und *Ferrer's* Bestimmungen, 15′ 31″, 69 im Halbmesser hält. In eben dieser Entfernung beträgt die Parallaxe des Mondes nach der neuesten Ermittelung 57′ 2″, 2. Für den Durchmesser des Mondes folgt hieraus 0,27234 des Erddurchmessers oder 468 geogr. Meilen; der Flächeninhalt beträgt 688635 Quadratmeilen und der körperliche Inhalt 53735000 Kubikmeilen. Der Flächeninhalt der Erde ist 13,7 mal, der

körperliche 49,6 mal grösser als der des Mondes; der Umfang der Mondkugel mag mit der grössten Länge Asiens, der Flächeninhalt mit dem von Amerika verglichen werden, und wenn man eine 6 Meilen dicke Schale von der Erdkugel abhöbe, so könnte man aus dieser eine solide Kugel von der Grösse des Mondes formen.

Der Mond hat keine irgend wahrnehmbare Abplattung, dagegen aber eine — wiewohl äusserst geringe und nur durch Theorie gefundene — Verlängerung gegen den Erdkörper hin, die kaum 1000 Fuss beträgt. Wir können also den Mond, wenn wir von seinen physischen Ungleichheiten abstrahiren, völlig als Kugel betrachten.

Der Mond rotirt um seine Axe vollkommen genau in derselben Zeit, in welcher er um die Erde läuft, jedoch ist diese Rotation gleichförmig und nimmt weder an den elliptischen noch den durch die Störungen erzeugten Ungleichheiten des Mondumlaufes Theil. Die Axe der Mondkugel macht mit der Ekliptik einen unveränderlichen Winkel von 88° 31′ 15″ und der Aequator neigt sich also gegen diese um 1° 28′ 45″. Dagegen ist die Neigung des Mondäquators gegen seine eigne Bahn veränderlich wie diese selbst und kann von 6° 29′ bis 6° 47′ gehen. Der niedersteigende Knoten des Mondäquators in der Ekliptik fällt stets mit dem aufsteigenden der Mondbahn in der Ekliptik zusammen und diese drei Ebenen bilden also nur zwei gemeinschaftliche Durchschnittspunkte und haben eine Knotenlinie mit einander gemein. *Cassini* hat diese Bestimmungen durch Beobachtung ermittelt; die spätern französischen Astronomen, namentlich *Laplace*, haben sie durch die Theorie erwiesen.

Es folgt hieraus, dass derjenige Punkt der Mondfläche, der einmal der Erde zugewandt ist, dies auch bleiben werde, bis auf die durch den Umlauf erzeugten Ungleichheiten. Diese bewirken eine Veränderung in der Länge dieses (und also auch jedes andern) Punktes der Mondkugel gegen die Erde, die man Schwankung (Libration) nennt, und die nicht statt finden würde, wenn die Erde sich an einem Punkte befände, um welchen der Mond in gleichen Zeiten gleiche Winkel beschreibt, und zugleich der Mondäquator senkrecht auf der Mondbahn stände. Dass beides nicht stattfindet, bewirkt dass wir (nach und nach) etwas mehr als die Hälfte des Mondes sehen, so dass überhaupt ³⁄₇ des Areals derselben uns gänzlich und für immer verborgen bleiben.

Es sei (Fig. 47.) T die Erde, die in dem einen Brennpunkte der Mondbahn steht. Im Punkte 1 befindet sich der Mond, und auf seiner Oberfläche sei a derjenige Punkt, welcher der Erde gerade gegenübersteht und von ihr aus auf der Mitte der Scheibe gesehen wird. Nach Verlauf des vierten Theils der Umlaufs- (und Rotations-) Zeit ist der Mond nach 2 gerückt und der Punkt a hat sich um $^1/_4$ des Umkreises der Mondkugel herumgedreht. Da aber der Winkel 1 T 2 um die volle Mittelpunktsgleichung grösser als ein rechter ist, so trifft die Centrallinie der beiden Körper nicht den Punkt a, sondern einen westlicher liegenden g, und ag ist jetzt die Libration. Rückt der Mond bis 3 fort so ist ein halber Umlauf und gleichzeitig eine halbe Rotation des Punkts a vollendet, er steht also wieder der Erde grade gegenüber und man hat keine Libration. In 4 endlich ist a um $^3/_4$ des Kreises, der Mond selbst aber noch nicht um $^3/_4$ seines Umlaufs fortgerückt: als Folge davon erscheint jetzt ein von a aus östlich liegender Punkt h auf der Mitte und man hat eine der vorigen entgegengesetzte Libration a h.

Die hier beobachtete Verschiebung betrifft die Meridiane der Mondkugel, die für unsern Anblick nach Westen und Osten gerückt werden, jedoch wie oben bemerkt, nur innerhalb bestimmter Grenzen. Man nennt sie daher Libration in Länge, und sie beträgt im Maximo 7° 53′ auf jeder Seite.

Es giebt aber noch eine Libration in Breite, die von der Neigung der Rotationsaxe gegen die Bahn abhängt. Dadurch bleiben die Mondpole nicht — wie es bei streng senkrechter Lage der Axe sein würde — im Rande, sondern werden uns wechselsweise etwas zu- und abgewandt. Kehrt sich das Nordende der Axe gegen uns so werden alle Flecke mehr nach Süden rücken, so wie umgekehrt nach Norden, wenn der Südpol sich zu uns herumwendet. Dies nennt man Libration der Breite, und sie beträgt im Maximo 6° 47′.

Streng genommen findet noch eine dritte Art der Verschiebung statt. Befindet sich der Beobachter auf der Erde nicht in der Centrallinie, sondern ausserhalb derselben etwa in t, so erblickt er nicht den Punkt h, sondern einen andern k auf der Mitte der Scheibe, und so entsteht für verschiedne Erdorte gleichzeitig ein etwas verschiedner Anblick der Mondscheibe. Die Berechnung dieser Libration fällt mit der der Parallaxe des Mondes zusammen und man nennt sie auch die

parallactische Libration. Sie kann etwas über 1° steigen und nach allen Richtungen hin wirken.

Man sieht, dass diese Schwankungen nicht eigentlich der Mondkugel selbst zuzuschreiben sind, und dass sie sogar für unsern Anblick wegfallen würden wenn die Ungleichheiten des Umlaufs zugleich der Umdrehung angehörten. Man kann indess die Frage aufwerfen ob in der Umdrehung selbst nicht kleine, bisher nur noch nicht bemerkte, Ungleichheiten statt finden, ob es also nicht ausser der oben betrachteten und als optisch zu bezeichnenden Libration noch eine eigenthümliche physische gebe? *Laplace* und noch erschöpfender *Poisson* haben diesen Gegenstand theoretisch, *Nicollet, Bouvard* und *Arago* praktisch auf dem Wege der Beobachtung untersucht: doch ist er noch nicht zur letzten Entscheidung geführt: er verdient es im vollen Maasse, dass man das Aeusserste daran setze ihn zu erforschen, denn — so wenig dies auf den ersten Anblick scheinen möchte — er ist von der höchsten Wichtigkeit für eine künftige Geschichte der Entstehung des Sonnensystems.

§. 100.

Die absolut genaue Uebereinstimmung der mittlern Rotations- und mittlern Umlaufszeit des Mondes, — die sogar, wie *Laplace* gezeigt hat, für alle Zeiten stattfindet, so dass das Menschengeschlecht nie die andre Seite des Mondes gesehen hat noch sehen wird — ist nämlich nach aller Wahrscheinlichkeit nicht zufällig. Als Erde und Mond sich aus dem formlosen Chaos zu bilden anfingen, fügten sich die einzelnen Weltatome nicht völlig concentrisch um den anfänglichen Mittelpunkt, sondern nach der Seite der Erde zu in etwas stärkerem Maasse als nach der entgegengesetzten. Diese Seite ward mithin die schwerere, und wie gering auch das Uebergewicht immerhin sein mochte, es veranlasste eine Neigung sich beständig der Erde zuzuwenden. Es frägt sich nun ob die Rotation des Mondes gleich Anfangs so beschaffen gewesen wie wir sie jetzt finden, oder ob ihre Periode eine von der Umlaufsperiode verschiedene — nur nicht zu stark verschiedene — war, die aber nach und nach durch jene überwiegende Neigung der schwereren Mondhälfte zur Erde auf die jetzige zurückgebracht worden? In letzterm Falle hätten Anfangs grosse Schwankungen statt gefunden, die aber allmählich — ähnlich wie die eines in starke Bewegung gesetzten Pendels — sich bis zum Unmerklichen verminderten. Da sie indess nicht ganz

vernichtet werden können, vielmehr ihre gegenwärtige Grösse, wenn sie anders existiren, von der anfänglichen abhängt und auf sie zurückschliessen lässt, so ist es nunmehr Sache der beobachtenden Praxis, diese physische Libration zu entdecken.*)

Da bis jetzt ihr Vorhandensein noch nicht erwiesen, wohl aber dargethan ist dass sie jedenfalls äusserst klein ist, so wird sie in den folgenden Abschnitten nicht weiter berücksichtigt werden. Das darin Gesagte wird überdiess nur sehr geringe Modifikationen erleiden, wenn sie einst nachgewiesen werden sollte.

§. 101,

Der mittlere Tag des Mondes ist gleich der halben Dauer seines Umlaufs, also $354^h\,22'\,1'',4$, und sie erleidet im Laufe des Jahres (das dem Erdjahr nahe gleich ist) nur geringe Veränderungen, wenn man die äussersten polaren Gegenden ausnimmt. Aus den Elementen der Bahn und Rotation ergiebt sich auf ähnliche Weise wie für die Erde die Länge des Tages und der Nacht für jeden gegebenen Ort und jede Zeit, und wir könnten einen Kalender für einen beliebigen Mondort berechnen in welchem nicht eine einzige der wesentlichen Bestimmungen, welche unsre Kalender enthalten, vermisst werden, der aber allerdings eine sehr eigenthümliche und für Erdbewohner fremdartige Gestalt erhalten würde. Ein Vorschlag für diejenigen, die sich so unendliche Mühe gegeben haben durch allerlei scharfsinnige Combinationen und Conjuncturen etwas über die Lebensverhältnisse der Seleniten herauszubringen. Hier ist der Raum zur Ausführung eines solchen nicht gegeben: wir müssen uns begnügen die merkwürdigsten dieser Verhältnisse im Allgemeinen anzudeuten.

Die von den Jahreszeiten abhängende Ungleichheit der Tage (denn wir werden sehen dass für den Mond noch andre Ursachen eine solche bewirken) ergiebt sich aus folgender Uebersicht:

*) Auf den Vorschlag *Bessels* hat der Verf. in Gemeinschaft mit dem Geh. Rath *Beer* in Berlin im Sommer 1839 eine Beobachtungs reihe zu diesem Zwecke begonnen und dazu das Heliometer angewandt, welches für Distanzen die grösstmöglichste Genauigkeit gewährt. Vgl. hierüber die betreffende Abhandlung *Bessels* in den Astron. Nachrichten Bd.... p.....

	Längster Tag.	Kürzester Tag.	Unterschied.
0° Breite:	354ʰ 22′ 1″	354ʰ 22′ 1″	0ʰ 0′ 0′
5°	354 37 28	354 6 34	30′ 54″
10°	354 53 9	353 50 53	1 2 16
15	355 9 19	353 34 43	1 34 36
20	355 26 15	353 17 47	2 8 28
25	355 44 18	352 59 42	2 44 36
30	356 3 54	352 40 8	3 23 46
35	356 25 34	352 18 28	4 7 6
40	356 49 6	351 54 56	4 54 10
45	357 18 30	351 25 32	5 52 58
50	357 52 22	350 51 50	7 0 32
55	358 34 7	350 9 55	8 24 12
60	359 27 47	349 16 15	10 11 32
65	360 40 40	348 3 22	12 37 18
70	362 25 19	346 18 43	16 6 36
75	365 21 40	343 22 22	21 59 18
80	371 6 31	337 37 31	33 29 0
84	382 38 45.	326 5 17	56 33 28
88° 31′	449 27 53.	259 16 9	190 11 44

Diese Ungleichheiten sind durchschnittlich 16 mal geringer als auf unsrer Erde, wenn man sie mit der Länge der Tage vergleicht, aber es finden noch andre statt, welche die Erde nicht kennt.

Wenn (im ersten Mondviertel) dem Mittelpunkt der diesseitigen Halbkugel die Sonne aufgeht, so steht sie gegen 8′ im Bogen westlich von ihrem mittlern (geometrischen) Orte, wenn sie untergeht, um eben so viel östlicher. Dadurch verfrüht sich der Sonnenaufgang um 16′ 58″ und um eben so viel verspätet sich der Untergang: der Tag ist also, unabhängig von der Jahreszeit, um 33′ 56″ länger als er ohne diesen Umstand sein würde; woraus nothwendig folgt dass er für den Mittelpunkt der jenseitigen Halbkugel um eben so vieles kürzer sein werde.

Die Ungleichheiten des Laufes tragen gleichfalls bei, die Tage ungleicher zu machen. (Für die Erde findet dies nur in höchst geringem Maasse statt, da die Ungleichheiten weit geringer sind und sich im Laufe Eines Erdentages überdiess fast gar nicht ändern). Die einzelnen Mondtage können in Folge derselben 4 bis 5 Minuten kürzer und länger werden.

Im Allgemeinen sind diese Verschiedenheiten zwar man-

nichfaltiger und verwickelter als bei unsrer Erde, aber ihrem Gesammtbetrage nach geringer. Andres jedoch ist es mit den physischen Verschiedenheiten, von denen wir auf der Erde wenig wissen, die aber auf dem Monde das ganze Verhältniss umgestalten. Wier müssen hier als bekannt voraussetzen dass die Oberfläche des Mondes beträchtliche gebirgige Ungleichheiten habe, besonders aber eine grosse Anzahl schroff abstürzender, kesselförmiger Tiefen mit erhöhetem Walle. Die hochliegenden Gipfel erhalten die Sonnenstrahlen um mehrere Stunden früher als die Ebenen und Thäler, ja letztere verlieren, wenn sie nach der Aequatorseite zu von einem Walle begrenzt sind, regelmässig einen grossen Theil des Tages, einige den ganzen Tag, so dass sie gar keinen direkten Sonnenschein erhalten. Am eigenthümlichsten stellt sich dies Verhältniss für die Polargegenden wo die höheren Bergspitzen immerwährenden Sonnenschein geniessen*), die Thäler aber weder Tag noch Nacht kennen, sondern nur mehr oder minder helle Dämmerung, erzeugt durch den Reflex der umliegenden Höhen.

Dieses überraschende Faktum ist das Resultat einer höchst einfachen Rechnung: die Sonne kann nie tiefer als $1\frac{1}{2}^{0}$ unter den wahren Horizont des Nord- oder Südpols herabsinken, nie sich höher über ihn erheben. Ueberragt nun ein Berggipfel die umliegende Gegend nur um 1830 Fuss, so gewinnt er (auf der kleinen Mondkugel) schon $1\frac{1}{2}^{0}$ des unter seinen wahren Horizont liegenden Himmels und kann mithin nie die Sonne gänzlich sehen. Nun aber giebt es an beiden Mondpolen Berge, welche diese Höhe weit übersteigen: am Nordpole Gipfel von 9000, am Südpole von mehr als 20000 Fuss Erhebung über das Niveau des Fusses; und nicht minder Tiefen, die von solchen Bergen und Bergwällen rings umgeben sind.

Wie die Tage selbst auf dem Monde wenig verschieden sind, so ist es auch die Mittagshöhe der Sonne für einen ge-

*) Diese im buchstäblich ewigem Lichte erglänzenden Höhen lassen sich speciell nachweisen: man erblickt sie besonders schön und zahlreich am südlichen Horne die ganze Lumation hindurch als strahlende Lichtinseln, und namentlich bei sichelförmiger Gestalt des Mondes genügt schon ein 15—20 mal vergrösserndes Handfernrohr, sie mit aller erwünschten Deutlichkeit wahrzunehmen. — Hier würden die Magier des Ostens den Tempel des Sonnengottes errichtet, hier das heilige Feuer unterhalten haben, wäre es ihnen vergönnt gewesen.

gebenen Mondort, deren ganzer Spielraum nicht völlig 3° beträgt, während er für einen Erdort 46° 55′ ist. Deshalb sind auch alle Tage gleich hell, alle Nächte gleich dunkel. Der gänzliche Mangel einer strahlenbrechenden und reflektirenden Atmosphäre würde bewirken, dass gar keine Dämmerung stattfände, sondern dem vollen Tage, mit Blitzesschnelle, die dunkelste Nacht folgte, wenn nicht die Langsamkeit des Sonnenauf- und Unterganges dies in etwas mässigte. Die mittlere Dauer des Meridiandurchganges der Sonne ist dort 68 Minuten (statt $2\frac{1}{4}$ Min. wie bei uns) und dies ist das Minimum der Dauer des Auf- und Unterganges der Sonne; je höhere Breiten, desto längere Dauer. So entsteht eine allmähliche Abnahme des Tages, obwohl dennoch der Eintritt der Nacht, beim Verschwinden des letzten Sonnenrandes, ganz plötzlich eintritt, wenn nicht umliegende Höhen das Sonnenlicht reflektiren.

Wir haben gesehen dass die jenseitige Mondhalbkugel kürzere Tage als die diesseitige hat: wir müssen aber hier hinzufügen dass ihre Tage, und zwar im Verhältniss von 99 : 100, heller als die der uns zugewandten Seite sind. Denn wenn diese erleuchtet werden, steht der Mond $1 + \frac{1}{400}$, wenn jene, $1 - \frac{1}{400}$ des Erdabstandes von der Sonne. Aus diesem Verhältnisse des Abstandes 401 : 399 folgt das der Beleuchtung = 159201 : 160801 oder sehr nahe 99 : 100. — Aehnliches findet für die Erde, aber in Bezug auf die Jahreszeiten statt: der Sommer der Südhalbkugel ist etwas kürzer, aber die Sonne steht der Erde näher, als im Sommer der Nordhalbkugel

Die Schärfe des Kontrastes zwischen Licht und Schatten wird nicht wie bei uns durch die Atmosphäre gemildert. Ein blauer Himmel ist auf dem Monde nicht möglich: wir müssen aus allen Umständen schliessen dass auch der Taghimmel dort schwarz sei*). Vielleicht ist selbst die Anwesenheit der

*) Die Behauptung klingt paradox; allein wie sollte es anders sein? Unser Blau ist nicht die Farbe des Aethers im Weltenraume, sondern der Luft, und erhebt man sich zu grossen Höhen, also in beträchtlich dünnere Luft, so nimmt der Himmel ein immer tieferes Blau an, das mit den glänzenden Schneeflächen verglichen, fast als Schwarzblau erscheint. Man erhebe sich in Gedanken weiter, und es wird immer schwärzer um uns herum werden, dafür aber auch die Sonne immer heller strahlen, und bald wird es irdischen Augen nicht mehr möglich sein ihren Glanz zu ertragen.

Sonne über den Horizont kein Hinderniss, die Sterne zu sehen, wenn gleich die Nacht sie besser zeigen mag. Die Schatten auf der Mondfläche erscheinen uns pechschwarz und mit unserm Nachthimmel verglichen, zeigt sich kein Unterschied: die Erde würde einen ganz andern Anblick gewähren, und namentlich die Schatten mehr oder weniger die Farbe des über ihnen schwebenden Gewölkes oder des heitern Himmels zeigen.

§. 102.

Die Nächte des Mondes sind von zweierlei Art. Die der jenseitigen Halbkugel sind völlig dunkel: kein grösserer Körper erscheint am Horizont: Fixsterne und Planeten (die Erde ausgenommen) glänzen dort ungeschwächt. Nirgend im ganzen Planetensystem ist ein Ort aufzufinden der so geeignet wäre für die feinsten astronomischen Beobachtungen, für die Lösung der schwierigsten Fragen welche die Constitution des Universums darbietet, als die jenseitige Mondhalbkugel. — Auf der diesseitigen sind sämmtliche Nächte erdhell und diese Helle ist fast 14 mal stärker als der Mondschein für uns, jede Nacht wiederholt, mit geringen Abweichungen, dieselben Phasen der Erde. Betrachten wir z. B. den Mondmittelpunkt, welcher die Erde im Zenith erblickt. Gegen Mittag ist sie Neuerde und wendet dem Monde die dunkle Seite zu, während des 177 stündigen Nachmittags hat sie Sichelform, beim Untergang der Sonne ist sie halb um Mitternacht voll erleuchtet; worauf die Abnahme in umgekehrter Ordnung erfolgt. Das letzte Erdviertel z. B. findet bei Sonnenaufgang statt. Betrachten wir einen Punkt im westlichen Rande, so hat dieser bei Sonnenaufgang Neuerde, um Mittag das erste Viertel, am Abend den Vollmond, um Mitternacht das letzte Viertel. Ein Punkt des Ostrandes dagegen hat bei Sonnenuntergang Neuerde, das erste Viertel tritt um Mitternacht, der Vollmond am Morgen u. s. w. ein.

Die Erde steht für jede gegebene Mondgegend an einem bestimmten Orte des Himmels und bewegt sich nur innerhalb eines beschränkten Raumes, in dessen Mitte dieser Punkt liegt. Dieser Raum ist ein sphärisches Rechteck von 15° 46′ Länge und 13° 34′ Breite, welche äusserste Grenzen sie indess selten erreicht. Unter- und aufgehen kann sie nur für diejenigen Mondgegenden, deren Horizont dies Rechteck durchschneidet, was beiläufig für $^1/_7$ der Mondoberfläche der Fall ist. $^3/_7$ sehen sie beständig, $^3/_7$ nie. Die äussersten uns noch erreichbaren Mondländer sehen nur zuweilen ein Segment der Erd-

scheibe, nie das Ganze, über den Horizont rücken. Diese Bewegungen der Erde sind äusserst langsam und nichts als eine Abspiegelung der Librationsbewegung der Mondkugel: denn den Lauf um die Sonne kann der Mond direkt nicht wahrnehmen da er ihm selbst ebenfalls zukommt. Der Grösse nach ist die Erde für den Mond ein sehr ansehnlicher Körper, sie erscheint $3\frac{2}{3}$ mal so gross im Durchmesser als uns der Mond, und leuchtet mit einer fast 14 mal grösseren Fläche. Sie wendet den Mondbewohnern binnen 24 Stunden 50 Minuten alle ihre Seiten zu und selbst ihre polaren Gegenden können dort noch sehr gut und ohne um mehr als die Hälfte verkürzt zu erscheinen, wahrgenommen werden, vorausgesetzt dass man die günstigsten Momente wählte. Wenn wir, in Ermangelung bestimmterer Daten, annehmen dass die Sehorgane der Mondbewohner dieselbe optische Schärfe als die unsrigen haben, so können sie Inseln wie Corsica noch einigermaassen ohne künstliche Hülfsmittel unterscheiden, wenn die Erdatmosphäre möglichst heiter ist, also gewiss auch die Rotation wahrnehmen. Nach Verlauf einer Viertelstunde ist die Fortrückung der Erdlanschaften von W nach O schon beträchtlich genug um bemerkt zu werden, und da sich dies regelmässig wiederholt, so ist die Erde eine natürliche Uhr für den Mond, um seine Tage in kleinere Theile zu theilen. Die grösseren Theile giebt die Lichtgestalt, die kleineren Unterabtheilungen die Rotation der Erde. Nur muthmasslich lässt sich ergeben wie die Farbe und Helligkeit der verschiednen Erdoberflächentheile dort sich darstellen werde: gewiss aber ist es dass das Land heller als das Meer erscheine (dies zeigen unsre Beobachtungen über das Erdenlicht im Monde), wenn gleich der hellste Punkt der sein mag, wo sich die Sonne im Meere spiegelt. Der Jahreszeitenwechsel muss die Lokalfarbe der Erdscheibe bedeutend ändern; andere Naturevolutionen weit weniger, am wenigsten die Werke der Menschen, wenigstens immer erst nach langer Zeit. (Allmähliche Kultivirung weiter Sumpfstrekken, Lichtung grosser Urwälder u. dgl. noch am leichtesten; Städtebau schwerlich wenn man nicht starke Ferngläser anwendet, Strassen- und Kanalbauten gewiss nicht mehr. Sehr deutlich werden dagegen die neterrischen Veränderungen, Wolken und Nebel, bemerkt werden können.

Die Finsternisse und andre astronomische Momente, welche der Mond erblickt, werden sich am dentlichsten darstellen lassen wenn wir von den durch den Mond für die Erde

bewirkten Finsternissen sprechen. Vorläufig sei hier bemerkt, dass nur auf, der diesseitigen Halbkugel von ihnen die Rede sein könne.

§. 103

Die Masse des Mondes, wie sie *Lindenau* aus Beobachtungen des Polarsterns abgeleitet hat, ist $^1/_{88}$, genauer $^1/_{87,74}$ der Erdmasse. Da nun der körperliche Inhalt des Mondes $^1/_{49,6}$ des Erdinhalts ist, so erhalten wir für die Dichtigkeit 0,562; folglich ist wenn man mit *Cavendish* und *Raich* die Dichtigkeit der Erde = 5,46 der Dichtigkeit des reinen Wassers setzt, die Dichtigkeit der Mondkugel die 3 fache unsers Wassers.

Die hieraus sich ergebende Schwere auf der Mondoberfläche ist 6$^3/_5$ mal geringer als auf der Erde und hiernach beträgt der Fall in der ersten Sekunde 2,314 Fuss; das Sekundenpendel ist nur 5,63 Zoll lang und ein Centner (110 Pfd.) von unsrer Erde dorthin versetzt, würde nur 17 Pfund wiegen d. h. nur so viel Kraft als diese zur Bewegung erfordern.

Durch dieses Schwereverhältniss werden alle Bewegungen, horizontale wie vertikale, leichter, und besonders die letztern gefahrloser. 66 Fuss Höhe auf dem Monde sind um nichts bedenklicher als 10 Fuss auf der Erde. Ein aufgeworfener Körper fliegt in demselben Verhältniss höher und weiter: der Widerstand der Massen, so weit er nicht von der Cohäsion, sondern nur von der mechanischen Schwere abhängt, ist geringer als bei uns. Terrainschwierigkeiten, die uns zu so ungeheuren Anstrengungen, zu so riesenhaften Werken nöthigen, werden dort, auch bei noch so grossen Unebenheiten des Bodens, wenig zu bedeuten haben u. s. w. — Es hat nicht den Anschein dass diejenigen, die so rüstig zur Hand waren den Mond zu bevölkern, zu bebauen und seinen Boden zu kultiviren, bis er zuletzt von unsrer Erde fast gar nicht mehr zu unterscheiden war, diese hier erwähnten Verhältnisse und ihre nothwendigen weiteren Folgerungen einer besondern Aufmerksamkeit gewürdigt haben.

Wir werden weiter unten die physische Beschaffenheit des Mondes genauer betrachten, und uns das Bild unsers Nachbarplaneten, nicht wie es bodenlose Hypothesen uns vorspiegeln, sondern wie es sorgfältige und vorurtheilsfreie Beobachtungen zu entwerfen gestatten, möglichst vollständig zur Anschauung bringen. Hier mussten indess einige der bekannteren Thatsachen vorläufig berührt werden, da z. B. die Beleuch-

tungsverhältnisse nur sehr einseitig dargestellt werden können wenn man von allen physischen Beziehungen absehen wollte.

§. 104.

Jeder im freien Weltenraume schwebende dunkle und undurchsichtige Körper wirft einen Schatten hinter sich, dessen Gestalt und Grösse von der des leuchtenden und beleuchteten Körpers, so wie von der Entfernung beider abhängt. In dem einfachsten Falle zweier Kugeln, von denen die leuchtende die grössere ist, wird der Schatten ein Kegel, dessen Länge bis zur Spitze, wenn D der Abstand, R der Halbmesser des leuchtenden, r der des erleuchteten Körpers ist, durch

$$\frac{D \cdot r}{R - r}$$

gegeben ist. Indem man für D die Entfernung der Sonne von Erde und Mond, für R den Halbmesser der Sonne und für r den der Erde und resp. des Mondes setzt, erhält man folgende Grössen.

Länge des Erdschattens	in grösster	Entfernung	188640	Meilen
	in mittlerer	„	185453	„
	in kleinster	„	182408	„
Länge des Neumondschattens	in grösster	Entfernung	51083	„
	in mittlerer	„	50209	„
	in kleinster	„	49376	„

Die Axe des Schattenkegels fällt jedesmal in die Verlängerung der Centrallinie der beiden Körper. Tritt ein dritter nicht selbstleuchtender Körper ganz oder theilweise in diesen Schatten, so erfolgt eine Finsterniss, die überall wo dieser Körper überhaupt sichtbar ist, selbst von einem andern als dem beschattenden Weltkörper aus, wahrgenommen werden kann; und für ihn selbst eine Verdeckung des leuchtenden Körpers (uneigentlich Sonnenfinsterniss genannt).

Ausser dem vollen oder eigentlichen Schatten erzeugt sich aber noch, ihn von allen Seiten umgebend, der sogenannte Halbschatten, der noch Sonnenlicht, aber nur von einem Theile der leuchtenden Scheibe, enthält und der zwar mathematisch betrachtet seine bestimmte Grenze hat, physisch genommen aber sich allmählich ins helle Licht verliert. Sei Fig. 48 S. die Sonne, T die Erde, so ist m n p der volle Schatten, der in p aufhört, m n q r hingegen der ihn umhüllende Halbschatten, der ins Unendliche fortläuft.

Die Grössen und Entfernungen der Weltkörper im Sonnen-

system, so weit wir es kennen, sind so bemessen, dass volle Schatten nie von einem Hauptplaneten auf einen andern, sondern nur auf dessen Monde, und umgekehrt, fallen können.

Indess erleidet die auf diese Weise mathematisch (durch Annahme gradlinigt fortgehender Lichttangenten) berechnete Grösse des Schattens, so wie seine Dunkelheit, mancherlei Modifikationen durch die strahlenbrechende und lichtschwächende Atmosphäre, welche die Erde und wahrscheinlich auch andre Hauptplaneten umgiebt. Es entsteht eine Beugung des Strahls, wodurch er — wiewol äusserst geschwächt — in die mathematischen Grenzen des vollen Schattens eindringt, sein Dunkel mildert und ihm verschiedne Farben giebt.

Aus den im Vorstehenden ermittelten Werthen für die Länge des Schattens bei Erde und Mond ergiebt sich, dass der volle Erdschatten den Mond nicht allein treffen, sondern auch ganz bedecken kann, so dass der Mond über zwei Stunden lang darin verborgen ist. Der Mond dagegen kann seinen Schatten in mittlerer Entfernung nicht mehr auf die Erde werfen; in geringerer jedoch ist es möglich, nur wird der verfinsterte Theil der Erde stets ein sehr kleiner sein; für Aequatorgegenden nicht über 30 Meilen, für polare wohl bisweilen bis zu 200 Meilen Durchmesser.

Der Halbschatten dagegen ist, wie wir gesehen haben, durch keine noch so grosse Distanz beschränkt; der des Mondes kann (allein oder gleichzeitig mit dem vollen) einen beträchtlichen Theil der Erde treffen, so wie der unsrer Erde den Mond. Wenn nur der Halbschatten des Mondes die Erde trifft, so kann der Grund ein zwiefacher sein: entweder reicht der volle Schatten mit seiner Spitze nicht ganz bis zur Erde, oder die Richtung der Schattenaxe führt an der Erdkugel seitwärts vorüber.

§. 105.

Hierin liegt der Unterschied zwischen totalen, ringförmigen und partialen Sonnenfinsternissen. Die totale (vom vollen Mondschatten bewirkte) ist stets von sehr kurzer Dauer, denn sowohl die Bewegung des Mondes als die Rotation der Erde führen schon nach wenigen Minuten andre als die anfänglich getroffenen Punkte in den Schatten. Man erhält eine Curve des Ganges der totalen Finsterniss über die Erdfläche hin, die sich, da die besondern Umstände sich jedesmal anders gestalten, im Allgemeinen nicht bestimmen lässt. Sie beginnt auf der Erde in einem Punkte, wo in demselben Moment die

Sonne untergeht, und endet nach 4 — 5 Stunden an einem gewöhnlich 100° — 120° entlegenen, wo sie eben aufgeht. Zu beiden Seiten liegen sodann Zonen von ungleicher Breite, in denen die Finsterniss partial ist, und zwar desto geringer, je weiter sie von der Linie der totalen entfernt sind. Es sind dies die vom Halbschatten des Mondes getroffenen Länder und Meere. Zunächst der totalen Finsterniss erscheint die Sonne als Sichel, wie der Mond kurz vor oder nach dem Neumonde, nur dass diese Sichel weniger als den Halbkreis umfasst. (denn im Fall einer wirklich totalen Finsterniss ist der scheinbare Durchmesser des Mondes grösser als der der Sonne). Der Mond selbst ist nur negativ sichtbar, denn er wendet uns seine unerleuchtete Seite zu: allein die Contour seines Randes ist mit einer Schärfe und Deutlichkeit wahrnehmbar wie sie bei keiner andern Gelegenheit wahrgenommen wird. Die Berge und Einsenkungen des Randes sind schon in sehr mässig vergrössernden Fernröhren deutlich sichtbar.

Wo die Sonnenfinsterniss wirklich total erscheint, entsteht eine ganz eigenthümliche, weder Nacht noch Dämmerung zu nennende Dunkelheit. Der Himmel erscheint grünlich grau, und man erblickt einige der hellern Sterne; die schwarze Mondscheibe ist von einem lebhaft glänzenden, heftig wallenden, hochrothen breiten Ringe umgeben, von welchem sich gelbliche Strahlen verbreiten. Spuren dieses merkwürdigen, noch nicht genügend erklärten Ringes hat man auch schon bei solchen Sonnenfinsternissen gesehen, die nur beinahe total waren. Auf sehr freien Ebenen, die eine meilenweite Umsicht gewähren, kann man den Schatten des Mondes deutlich herankommen und über die Erdfläche hinjagen sehen; man kann rings von tiefem Dunkel umhüllt, entfernte Städte, Berge und andre Gegenstände im hellsten Sonnenlichte erblicken.

Der Eindruck dieser so seltnen Begebenheit auf die Thierwelt ist höchst eigenthümlich. Die Vorempfindung, wodurch die Thiere bei den Witterungsveränderungen, wie bei denen der Tages- und Jahrszeit, stets so sicher geleitet werden, ist ihnen für dieses Phänomen vom Schöpfer versagt worden. Sie gerathen in die höchste Angst und Verwirrung: Vögel fliegen wie gescheucht umher, ja fallen plötzlich aus der Luft herab; Hunde erheben ein fürchterliches Geheul, Pferde und andre Thiere drängen sich fest aneinander, oder werden wild und fliehen. Reiter mögen ja absitzen und Wagenfahrende aussteigen, wenn sie nicht die grösste Gefahr

laufen wollen. — Man denke sich zu allen diesen angstvollen Scenen noch ein abergläubiges Volk, dass sich händeringend und in stummer Verzweiflung auf die Knie wirft, oder laut heulend umherläuft und wenn es noch einige Besinnung behält, die Brunnen zudeckt, damit das vom Himmel fallende Gift sie nicht verderbe — und man hat ein Bild dieser Begebenheit, wie es frühere Zeiten allgemein, und die jetzigen noch auf einem grossen Theile der Erde darbieten.

Nimmt man noch hinzu, dass totale Sonnenfinsternisse für einen gegebenen Erdort im Durchschnitt erst nach 150 bis 200 Jahren wiederkehren, dass vielleicht die grössere Hälfte durch trübe oder neblige Witterung vereitelt wird und dass die ganze Erscheinung höchstens 4 bis 5 Minuten währt, so wird man es begreiflich finden dass wir noch so wenig Beobachtungen von wahrem wissenschaftlichem Werthe über sie besitzen. Auch kann der, welcher den Moment des Anfangs und Endes astronomisch beobachtet, nicht wohl den Vorgang in physischer Beziehung genau verfolgen: es müssen sich Mehrere, gut vorbereitet, in die Arbeit theilen und sich unbefangen diesem Theile hingeben, ohne Fremdartiges ins Auge zu fassen.

Wien und der grösste Theil Oestreichs werden am 15. Juli 1842, Berlin erst am 19. August 1887 eine totale Sonnenfinsterniss sehen. Paris erblickt im ganzen 19. Jahrhundert keine derselben.

§. 106.

Die ringförmigen Sonnenfinsternisse entstehen, wenn der scheinbare Mondhalbmesser kleiner als der der Sonne ist, an denjenigen Orten, die von der verlängert gedachten Axe des Mondschattens getroffen werden, und in ihrer nächsten Umgebung. Die Erscheinungen bei einer solchen sind in manchen Beziehungen denen ähnlich die man bei totalen bemerkt. Beim Vorrücken des Mondes auf der Sonnenscheibe zieht sich letztere immer mehr zur Sichel zusammen, die aber mehr als den Halbkreis umfasst und deren feine Spitzen sich gegen einander neigen. Die Sichel wird schmaler, die Spitzen rücken immer näher und springen zuletzt plötzlich zusammen. Da der Mondrand Berge und Thäler zeigt, so werden häufig in der Lücke zwischen beiden Spitzen, unmittelbar vor dem Zusammenspringen, isolirte Lichtpunkte bemerkt, die sodann rasch zusammenfliessen; und im Dämpfglase bemerkt man Spuren des rothen Ringes in dieser Lücke, so dass die Spitzen wie durch eine Brücke von mattem Lichte verbunden erscheinen. *Bessel*

sah in dieser Lichtbrücke die Berge des Mondrandes vollkommen deutlich. Nach einigen Minuten zerspringt der Ring auf der gegenüberliegenden Seite und die erwähnten Erscheinungen wiederholen sich in umgekehrter Ordnung. In dem Punkte, der von der verlängerten Schattenaxe getroffen wird, ist der Ring völlig concentrisch, also rings herum gleich breit, und die Dauer der Erscheinung ist die möglichst längste.

Das magische Dunkel was sich bei totalen Sonnenfinsternissen zeigt, wiederholt sich bei ringförmigen, aber in weit geringerm Grade; nur selten werden Sterne sichtbar (Venus etwa ausgenommen). Ist der Himmel bewölkt, so zeigen sich gewöhnlich Spuren einer grünlichen Farbe. Die Schatten der Gegenstände zeichnen sich weit schärfer als sonst, wiewohl der Kontrast zwischen Schatten und Licht stark vermindert erscheint. Ein Wind, in der Richtung streichend welche die Sonnenfinsterniss auf der Erdfläche nimmt, erhebt sich meist schon einige Zeit vor der Bildung des Ringes. Brenngläser verlieren ihre Kraft; ein Thermometer, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, sinkt beträchtlich; weniger oder auch gar nicht das im Schatten hängende. Es wäre intressant, Untersuchungen mit Prismen und ähnlichen optischen Vorrichtungen während der — freilich sehr kurzen — Dauer der ringförmigen Finsterniss zu machen, bis jetzt sind noch keine derselben bekannt geworden.

Ringförmige Sonnenfinsternisse sind im Ganzen fast eben so selten als totale. Die Finsterniss vom 15. Mai 1836 war es für einen bedeutenden Theil der deutschen Nordküsten; die vom 9. Octbr. 1847 wird es für Paris sein. Berlin sieht im Laufe des 19. Jahrhunderts keine ringförmige Sonnenfinsterniss.

§. 107.

Jede totale oder ringförmige Sonnenfinsterniss beginnt und schliesst mit einer partialen; und in den Nachbarregionen nördlich und südlich der Linie, welche die Schattenaxe auf der Erde beschreibt, ist die Finsterniss nur partial. Auch kann, wie schon bemerkt, die Schattenaxe ganz an der Erde vorüberstreichen, alsdann ist die Finsterniss ausschliesslich partial und trifft nur die höheren nördlichen oder südlichen Breiten auf der Erdkugel. Partiale Finsternisse sind nicht so selten; durchschnittlich ereignet sich alle 3 Jahr eine solche für einen gegebenen Erdort: sie sind aber in der Regel nicht von besondern Phänomenen begleitet. Nur wenn sie mehr als $^3/_4$ der Sonnenscheibe verfinstern, bemerkt man eine Abnahme der Tageshelle, eine grössere Schärfe der Schatten und einen leich-

ten Finsterniss wind; auch kann man, wenn die Finsterniss zu einer Jahreszeit eintritt, wo die Bäume mässig dicht belaubt sind, die Form der verfinsterten Sonne in den Lücken der Baumschatten wahrnehmen.

Anfang und Ende einer Finsterniss sind nur schwer genau zu beobachten, denn der Einschnitt in den Sonnenrand, den der Mond bewirkt, ist äusserst flach und man bemerkt ihn gewöhnlich erst, wenn die beiden Spitzen schon beträchtlich weit von einander entfernt sind. Man hat deshalb häufig diese Momente indirekt beobachtet, indem man die Abstände der Hörnerspitzen wiederholt maass und hieraus Anfang und Ende durch Rechnung ableitete. Aber es scheint, dass überhaupt Sonnenfinsternisse kein so scharfes Resultat für Längenbestimmungen geben; wenigstens haben Sternbedeckungen sich bisher im Ganzen besser bewährt.

§. 108.

Mondfinsternisse können uns im Allgemeinen nur sichtbar werden wenn der volle Erdschatten wenigstens einen Theil des Mondes trifft. Zwar haben genaue Beobachter Spuren des Halbschattens wahrgenommen, indem er wie ein leichter Rauch die Mondlandschaften überzieht und die grauen Flächen in einem tieferen Dunkel erscheinen lässt, allein mit blossen Augen würde davon schwerlich etwas wahrzunehmen sein. Es werden daher auch nur die durch den vollen Schatten bewirkten Finsternisse als wirkliche Mondfinsternisse gerechnet und in den Ephemeriden vorausbestimmt. Sie sind total wenn der ganze Mond, partial wenn nur ein Theil desselben vom Schatten der Erde getroffen wird; ringförmige kann es nie geben, da der Schatten stets beträchtlich grösser als die Mondfläche ist. Sie können gegen 4 Stunden währen, und alsdann fallen etwa 2 Stunden auf die totale, die erste und letzte Stunde auf die partiale Finsterniss.

Der Erdschatten zeigt sich auf dem Monde stets deutlich kreisförmig und man nahm schon sehr früh hiervon Veranlassung, auf die Kugelform der Erde zu schliessen. Allein eine scharfe Begrenzung, wie Sonnenfinsternisse sie darbieten, vermisst man: der Anfang und das Ende können für den Beobachter auf eine oder einige Minuten ungewiss bleiben und eben so die Ein- und Austritte der einzelnen Mondflecke. Zuweilen treten günstigere Umstände ein: so vermochte ich am 26. Decbr. 1833 bei einer totalen Monfinsterniss die Eintritte bis auf 10″ etwa zu bestimmen, wenigsten bei denjenigen Flecken

welche nahezu durch die Mitte des Schattens gingen. Der Schatten zeigt sich anfangs von grauer Farbe, und die Fleken des Mondes, hellere wie dunklere, verschwinden. Gleichwohl ist in diesem Grau ein röthlicher Schimmer nicht zu verkennen, zumal wenn man im Fernrohre den noch erleuchteten Theil des Mondes aus dem Gesichtsfelde entfernt. Je mehr der Schatten auf dem Monde Terrain gewinnt, desto mehr geht dieses Grau in Roth über, und die anfangs verschwundenen Flecke fangen an wieder sichtbar zu werden. Wenn die totale Finsterniss herannaht, so zeigt sich schon überall Roth, nur nach der Seite des letzten Lichtes zu bemerkt man ein Graublau.

Ist endlich der letzte Strahl der Sonne verschwunden, so nimmt das Roth die ganze Mondscheibe ein: alle Flecke, auch die kleinsten, zeigen sich in zarter, gleichsam rosenfarbener Beleuchtung; nur um das Centrum des Schattens herum lagert sich dunkle Nacht (der sogenannte Kernschatten) in der man grosse Mühe hat noch Einiges zu erkennen. Zuweilen trifft dieser Kernschatten den Mond gar nicht, und dann zeigen sich nur diejenigen Theile, die nach der Seite des Schattencentrums hin liegen, etwas trüber als die andern. Weitere Veränderungen werden während der totalen Finsterniss nicht bemerkt.

Bricht endlich an der Ostseite der erste Sonnenstrahl wieder hervor (ein herrlicher Anblik!) so zeigen sich die vorhin beschriebenen Phänomene in umgekehrte Ordnung. Bei totalen Sonnenfinsternissen kommen gewöhnlich die gerade an der Ostseite liegenden Spitzen des hohen Randgebirgs d'Alembert zuerst an die Reihe. Ein zartes blaues Licht zeigt sich auf diesen Hochgipfeln und verbreitet sich von ihnen in die umliegenden Thäler: man ist geneigt es schon für direktes Sonnenlicht zu halten und das Ende der totalen Finsterniss zu notiren; überzeugt sich aber 2 bis 3 Minuten später dass man sich getäuscht habe.

Den hier beschriebenen Verlauf kann man als den normalen betrachten, wie er bei günstigem Luftzustande sowohl derjenigen Gegenden, wo man die Beobachtung macht, als auch derer über welche zu gleicher Zeit die Sonne auf oder untergeht, und durch deren Atmosphäre das Sonnenlicht seinen Weg in den verfinsterten Mond findet, stets wahrgenommen wird. Allein vergleichen wir die verschiednen Berichte der Beobachter, so kann man nicht verkennen dass hier die besondern Umstände einen grossen Einfluss auf die Erscheinung ausüben. Zuweilen (wie 1816 im Juni) ist der verfinsterte Mond ganz verschwunden; ein andresmal sind schwache Spu-

ren desselben von Zeit zu Zeit sichtbar gewesen. Das Roth selbst ist zuweilen das trübste Kupferroth oder ein schmutziges Grauroth, während es zu andern Zeiten als das vortrefflichste Rosenroth oder das glühendste Hochroth sich darstellt. Diese Variationen erklären sich am natürlichsten dadurch, dass der Luftzustand der Erdgegenden, an welchen die Sonnenstrahlen Tangenten bilden, sehr verschieden sein kann. Ist diese rings um die Erde gehende Auf- oder Untergangszone ganz oder dem grössten Theile nach heiter, so wird der normale Verlauf bemerkt werden; ist sie mit Gewölk angefüllt, so wird das Roth eine trübere Färbung annehmen, ist sie völlig bedeckt, so kann es sich ereignen dass auch das gebrochene Sonnenlicht den Mond nicht erreicht.

Am schwierigsten scheint der Umstand, dass b a l d nach dem Eintritt der Beschattung die Flecken des Mondes verschwinden, und hernach, bei tieferer Dunkelheit, in weiter vorgerückter Finsterniss wieder s i c h t b a r werden, um bald vor Ende der Sonnenfinsterniss wieder zu verschwinden und erst im vollen Sonnenlichte des Vollmondes wieder zu erscheinen. Einige Beobchter (z. B. *Hahn*) haben angenommen, dass auf dem Monde, nach Eintritt der Sonnenfinsterniss, eine eigenthümliche Phosphorescenz entstehe, und dass sie das rothe Licht bewirke. Allein was könnte wohl Veranlassung sein, dass diese Phosphorescenz früher wieder aufhöre, bevor der Sonnenstrahl hereinbricht? andrer Schwierigkeiten nicht zu gedenken. Es scheint, das der glänzende Ring, den wir bei totalen Sonnenfinsternissen sehen, uns hier zur Erklärung helfen könne. Sein Ursprung sei welcher er wolle, so wird man als höchstwahrscheinlich annehmen können, dass er sich auch den Seleniten zeige wenn die Erde ihnen die Sonne verdeckt. Auch bei uns bedarf er einige Zeit, ehe er sich als Ring bildet, wiewohl man früher Spuren desselben wahrnimmt. Man denke sich dass die Erde die Sonne so eben ganz bedeckt habe, so wird man von diesem Augenblick an doch nur das g e b r o c h e n e L i c h t wahrnehmen. Dies ist da, wo der letzte Punkt der Sonne verschwand, am stärksten; zu beiden Seiten schwächer und gegenüber fehlt es ganz; es entsteht also ein Ring von sehr ungleicher Breite, Intensität und Farbe. Diese so ungleich vertheilten Regenbogenfarben bringen ein verworrenes graues Dämmerlicht hervor, etwa wie ein mechanisches Gemenge der betreffenden Pigmente es erzeugen würde, und in diesem

Dämmerlichte zerfliessen die Bilder der Gegenstände in eine formlose Masse, daher das Verschwinden der Flecke. Je weiter nun aber die Erde vorrückt, je weniger Licht an der breitesten Stelle des Ringes durchdringen kann, desto gleichförmiger und gleichfarbiger muss der Ring selbst werden; und da unter den Brechungsfarben Roth die stärkste und am längsten wahrnehmbare ist — man denke an unsre Morgen- und Abendröthen — so überwiegt es je länger desto mehr, bis es nur allein noch wahrgenommen wird. In dem Maasse wie dies erfolgt, tritt an die Stelle des grauen verworrenen Zwielichtes ein zwar weit schwächeres, aber gleichförmiges rothes Licht, und in diesem fängt man die Gegenstände wieder zu unterscheiden an. Die Flecke erscheinen also wieder, und bleiben sichtbar bis etwa gegen die Mitte der Finsterniss hin die Erdscheibe nach allen Seiten so weit übergreift, dass auch die letzten rothen Strahlen verschwinden und nächtliche Schatten die Mondlandschaften bedecken. In ähnlicher Weise sehen wir in einer Mondnacht, obgleich das Licht der Quantität *nach* beträchtlich geringer als das der Abendämmerung ist, dennoch Hell und Dunkel weit bestimmter gesondert als nach Sonnenuntergang, und wie im Sonnenschein selbst unterscheiden sich Licht und Schatten, während selbst das hellste Zwielicht uns ein Verschwimmen der Formen und Farben darbietet. Die Brechung in der Erdatmosphäre, wiewohl sie ohne Zweifel den wesentlichsten Antheil an dem erwähnten Phänomen hat, scheint dennoch allein zur Erklärung nicht auszureichen, besonders wenn man bedenkt, dass auch wir bei Sonnenfinsternissen um den verdeckenden Mond einen ähnlichen und zwar äusserst lebhaft glänzenden Ring bemerken, während die gewichtigsten Gründe gegen das Vorhandensein einer Mondatmosphäre von merklicher Dichte sprechen. Die einfachste Annahme, welche beiden Erscheinungen Genüge leistet, ist die einer um die Sonne nach allen Seiten hin sich erstreckenden Lichthülle, die in gewöhnlichem Zustande durch den lebhaften Glanz der eigentlichen inneren Photosphäre verdunkelt und unserm Anblick entzogen wird, allein hervortritt, sobald letztere verdeckt ist, was nur bei totalen Mondfinsternissen geschehen kann.

§. 109.

Es liegt nun nahe die Frage aufzustellen, welche Finsternisse für den Mond (d. h. für seine diesseitige Hälfte) stattfinden? die gewöhnliche Antwort: eine Sonnenfinsterniss wenn wir eine Mondfinsterniss sehen, und eine Erdfinsterniss wenn

wir Sonnenfinsterniss haben, ist nicht streng richtig. Erdfinsternisse sieht der Mond so gut als gar keine. Der Halbschatten veranlasst keine so bedeutende Dunkelheit dass sie vom Monde aus wahrgenommen werden könnte, und der volle Schatten, der in totalen Sonnenfinsternissen sich auf der Erdscheibe projicirt, ist von viel zu geringem Umfange um bei einer oberflächlichen Ansicht bemerkt zu werden: ein matter, verwaschener, unscheinbarer gegen das Ganze der Erdscheibe verschwindender Fleck. Sonnenfinsternisse sieht dagegen der Mond weit mehr, als wir Mondfinsternisse haben: denn in allen Fällen, wo auch nur der Halbschatten der Erde irgend einen Theil des Mondes trifft, findet eine Sonnenfinsterniss statt. Man muss das Verhältniss, wie folgt, ausdrücken.

1) Wenn wir eine totale Mondfinsterniss haben, so hat die ganze Mondhalbkugel eine totale Sonnenfinsterniss von mehreren Stunden Dauer.
2) Wenn wir eine partiale Mondfisnterniss haben, so haben die beschatteten Theile des Mondes eine totale, die übrigen eine partiale Sonnenfinsterniss.
3) Blos partiale Sonnenfinsternisse für den ganzen oder einen Theil der Mondhalbkugel ereignen sich häufig, wenn sich gar nichts Besondres für uns am Monde darbietet.
4) Erdfinsternisse sind selten und für den Anblick sehr unbedeutende Phänomene, die dem Auge eines Erdbewohners nur mit Mühe wahrnehmbar wären. Sie ereignen sich nur, wenn irgend eine Erdgegend eine totale Sonnenfinsterniss erblickt.

§. 110.

Die Vorausberechnung dieser Erscheinungen — eben so wie ihre Rückwärtsberechnung, zu welcher letztern die historischen Forschungen häufig Veranlassung geben — setzt eine genaue Kenntniss des Laufes der Erde und des Mondes voraus. Sind aus den Elementen dieser Bahnen die Sonnen- und Mondsörter für so viel Zeitpunkte berechnet, dass man aus ihnen durch Zwischenberechnung (Interpolation) auf bequeme und einfache Weise den Ort für jede verlangte Zeit ableiten kann, so wird es darauf ankommen die Zeitpunkte zu suchen, wo beide Himmelskörper ganz oder nahezu entweder einander gegenüberstehen (für Mondfinsternisse) oder denselben Ort am Himmel einnehmen (Sonnenfinsterniss). Ein völlig genaues (centrales) Zusammentreffen würde erfordern:

Für Mondfinsternisse: das Zusammenfallen des Vollmonds mit einem der beiden Mondknoten.

Für Sonnenfinsternisse: das Zusammenfallen des Neumondes mit einem der beiden Mondknoten.

Indess haben die hier in Betracht kommenden Körper so beträchtliche scheinbare Durchmesser, dass ein ziemlich weiter Spielraum zu beiden Seiten der Mondknoten übrig bleibt, innerhalb deren der Voll- und Neumond noch Finsternisse bewirken kann. Es bezeichne

r den Mondhalbmesser.
p die Mondparallaxe.
ϱ den Sonnenhalbmesser.
π die Sonnenparallaxe.

so ist der Halbmesser des Erdschattens an der Stelle, wo der Mond hindurchgeht, annähernd gegeben durch

$$p + \pi - \varrho.$$

Soll nun eine totale Monfinsterniss erfolgen, so muss zur Zeit des Vollmondes die nördliche oder südliche Breite des Mondes kleiner sein als die Grösse

$$p + \pi - \varrho - r$$

und für eine partiale Mondfinsterniss genügt es, wenn die Breite kleiner ist als

$$p + \pi + r - \varrho.$$

Damit für irgend einen Ort auf der Erde eine totale oder ringförmige Sonnenfinsterniss entstehe, muss die Mondbreite zur Zeit des Neumondes geringer sein als

$$r + p - \varrho - \pi$$

und zwar wird sie total, wenn $\varrho < r$, ringförmig aber, wenn $r < \varrho$.

Für eine blos partiale Sonnenfinsterniss genügt es, wenn die Breite geringer ist als

$$r + p + \varrho - \pi$$

Um dagegen zu beurtheilen, ob für einen bestimmten Erdort eine Sonnenfinsterniss stattfinden werde, muss man die Oerter des Mondes und der Sonne parallaktisch verändern; und alsdann müssen sie zu irgend einer Zeit (die aber nur wenig vom Neumonde verschieden sein kann) einen geringeren Abstand als $r' + \varrho'$ haben, wenn eine partiale, und einen geringeren als $r' - \varrho'$, wenn eine totale oder ringförmige Sonnenfinsterniss für denjenigen Ort eintreten soll, für welchen die berechneten parallaktischen Oerter gelten.

Die Werthe r, ϱ, p, π sind, zwar sämmtlich veränderlich,

indess entfernen sie sich von ihren mittlern Werthen: 931,″7; 960″6; 3421″5; 8″,58, nicht so sehr dass man nicht dieser Mittel sich bedienen könnte um eine Uebersicht des häufigern oder seltnern Vorkommens der Finsternisse zu gewinnen. Es ergiebt sich, dass

für die Erde im Ganzen genommen Sonnenfinsternisse häufiger als Mondfinsternisse, dagegen totale Mondfinsternisse häufiger als totale Sonnenfinsternisse.

Für einen einzelnen bestimmten Erdort aber Sonnenfinsternisse, partiale wie totale, seltner als Mondfinsternisse vorkommen.

Unsichtbar für einen bestimmten Ort heisst eine Finsterniss nicht blos dann, wenn sie sich unter dem Horizont desselben ereignet, sondern auch wenn sie über demselben, allein nur für andre Erdorte, stattfindet. Die letztere Beschränkung kann indess nur bei Sonnenfinsternissen eintreten.

Da die Breite des Mondes von seinem Knotenabstande abhängig ist, so kann man auf Grund der vorstehend angeführten Formeln bestimmen, wie weit der Mond von seinem Knoten in der Opposition oder Conjunction noch abstehen könne, um eine Finsterniss möglich zu machen. Man nennt diese Entfernungen die Finsternissgrenzen, und der Vorausberechner hat zunächst zu untersuchen, ob ein Voll- oder Neumond innerhalb dieser Grenzen falle, da er sonst eine vergebliche Rechnung machen würde. Die Grenzen sind zwiefache, da die Neigung der Mondbahn sowohl als die Radien und Parallaxen des Mondes und der Sonne veränderlich sind, nämlich nothwendige und mögliche. Innerhalb der erstern muss die Finsterniss unter allen Umständen eintreten, innerhalb der letztern kann sie es, wenn die Umstände günstig sind. Die Rechnung ergiebt Folgendes.

	Nothw. Grenze.	Mögl. Grenze.
Totale Sonnenfinsterniss	7 46	13 19
Partiale Sonnenfinsterniss . . .	13° 33′	19 44
Totale Mondfinsterniss	3 30	7 19
Partiale Mondfinsterniss	7 47	13 21

Eine regelmässige Wiederkehr der Finsternisse nach Ablauf eines bestimmten Zeitraums findet nicht statt, und jede einzelne muss besonders berechnet werden, eine Sonnenfinsterniss noch überdiess für jeden Erdort, wo sie beobachtet werden soll. Beiläufig indess kann man annehmen, dass nach 19 Jahren die Finsternisse in ähnlicher Ordnung wiederkehren:

doch auch so lässt sich nur über ihr stattfinden im Allgemeinen ein vorläufiges Urtheil fällen; die Sichtbarkeit oder Unsichtbarkeit für einen bestimmten Ort kann aber ganz und gar nicht auf diese Weise geschlossen werden.

Die Stelle der Berechnung kann auch eine Zeichnung vertreten, die für Mondfinsternisse ziemlich einfach; für Sonnenfinsternisse dagegen verwickelter ist. Die von *Lambert* zu diesem Zwecke gegebenen Constructionen sind die brauchbarsten.

Um die Grösse der Finsterniss nach einer festen Scala zu bestimmen, theilt man den Durchmesser des Mondes oder der Sonne, gleichviel welche scheinbare Grösse sie haben, in 12 gleiche Theile, Zolle genannt, und giebt an um wieviel dieser Zolle die betreffenden Ränder zur Zeit der Mitte der Finsterniss übergreifen. Bei 6 Zoll also würde der Rand des Mondes gerade den Mittelpunkt der Sonne erreichen; oder der Erdschatten die Mondmitte berühren.

§. 111.

Der Mond bewirkt auch Bedeckungen der Planeten und Fixsterne, auch wohl eines Kometen, innerhalb der durch seine Neigung gegen die Erdbahn gesteckten Grenzen. Fixsternbedeckungen sind zwar im Allgemeinen sehr häufig, allein da teleskopische Sterne den Glanz des Mondes, besonders wenn sie am hellen Rande ein- oder austreten, nicht wohl ertragen, so werden gewöhnlich nur die Sterne der 6 ersten Grössen in dieser Beziehung untersucht und vorausberechnet. Jährlich ereignen sich für einen bestimmten Erdort etwa 120 solcher Bedeckungen. Besonders scharf lassen sich *Eintritte* am dunkeln Rande beobachten. Das Verschwinden und Wiedererscheinen der Sterne erfolgt plötzlich, wenigstens ist dies die allgemeine Regel; wenn einige Astronomen ausnahmsweise das Gegentheil beobachtet haben, so können leicht atmosphärische Veränderungen die Ursach gewesen sein. Auch Farben und Glanz der bedeckten Sterne und Planeten bleiben in der Regel unverändert. Ein besonders interessantes Schauspiel gewährt die Bedeckung der Plejaden, des Jupiterssystems und des Saturn mit seinen Ringen. — Fernröhre von mässiger Dimension, die aber scharf begrenzte Bilder zeigen, sind zu diesen Beobachtungen am besten.

Von den Sternen erster Grösse können 4, α Tauri, α Leonis, α Virginis und α Scorpii vom Monde bedeckt werden. Unter diesen ist α Tauri der hellste, und man kann

seine Bedeckung selbst bei Tage im Fernrohr noch bequem wahrnehmen.

Während einer totalen Mondfinsterniss (im Falle nämlich der Mond nicht ganz verschwindet) sind Sternbedeckungen am bequemsten und schärfsten zu beobachten, da alsdann das Licht der Sterne durch den nahen Mond nicht geschwächt ist.

Der praktische Gebrauch dieser Beobachtungen zur Bestimmung des Längenunterschiedes entlegener Oerter ist Veranlassung geworden, dass man auf den bessern und ausreichend besetzten Sternwarten möglichst viele, besonders vorausberechnete, Sternbedeckungen beobachtet. Die Astronomie kennt im Allgemeinem noch kein Mittel, welches die Anwendung der Sternbedeckungen für Längenbestimmung entbehrlich machte, geschweige denn sie an Genauigkeit überträfe.

§. 112.

Betrachtet man den Mond zu einer Zeit, wo nur ein kleiner Theil desselben von der Sonne erleuchtet ist, und wählt die möglichst dunkelste Abend- oder Morgenstunde, so erblickt man die ganze übrige Mondscheibe, deutlich gegen den dunkeln Himmel begrenzt, aber nur von einem matten, aschgrauen Lichte erleuchtet. In tropischen Gegenden, wo die Himmelskörper beim Auf- und Untergange ganz oder doch sehr nahe Vertikalkreise beschreiben, wenn sie nicht sehr grosse Declinationen haben, kann man das Phänomen am schönsten wahrnehmen. In unsern nördlichen Breiten zeigt es sich in den Frühlingsabenden bei zunehmendem, und in den Herbstmorgen bei abnehmendem Monde vortheilhafter als zu andern Jahrszeiten und Nachtstunden, was daher rührt, dass alsdann Sonne und Mond in ihrer täglichen Bewegung sich der Vertikalrichtung am meisten nähern, die Mondsichel also von tieferem Dunkel umgeben ist. Das Fernrohr unterscheidet in diesem matten Lichte die grösseren Flecke des Mondes, besonders mehrere sonst hellglänzende Punkte ziemlich deutlich, und man kann in starken Ferngläsern diesen grauen Schimmer noch wahrnehmen, wenn der Mond schon etwas über halb erleuchtet ist.

Die Erklärung dieses Phänomens ist einfach und leicht. Erinnern wir uns dass die Lichtgestalten der Erde und des Mondes, wenn man jeden dieser Körper vom andern aus betrachtet, einander ergänzen. Je weniger also der Mond für die Erde erleuchtet erscheint, desto mehr die Erde für den Mond. Die Erde bescheint den Mond aber $13\frac{1}{2}$ mal stärker als der

Mond seinerseits sie erleuchtet, und dieser Schein ist hell genug um durch abermalige Reflexion von uns wahrgenommen zu werden. Solch' eine reiche Lichtquelle ist unser Centralkörper, dass noch der Wiederschein eines Wiederscheins, wiewohl letzterer (wie die Rechnung darthut) schon viele *Millionen*mal geschwächt ist, deutlich wahrgenommen werden kann!

Man bemerkt in diesem Reflex noch andre Variationen, die nicht vom Grade der Nachtdunkelheit oder der Lichtphase des Mondes allein abzuhängen, sondern einer andern Erklärung zu bedürfen scheinen. Das Erdenlicht im Monde erscheint (nach europäischen Beobachtungen) lebhafter im Herbste Morgens, als unter ganz ähnlichen Umständen im Frühlinge Abends. Im erstern Falle stehen dem Mond die Landschaften Asiens und des östlichen Afrika, in letzterm hingegen der atlantische Ocean und einzelne Theile Amerika's gegenüber und aus der Naturbeschaffenheit dieser Gegenden ist leicht ersichtlich, dass die erstern das Sonnenlicht stärker als die letztern reflektiren. Diese Wahrnehmung und ihre Erklärung verdanken wir *Schröter* in Lilienthal.

§. 113.

Ein uns verhältnissmässig so nahe stehender, und durch so vielfache Wechselbeziehungen mit der Erde eng verbundener Körper wie der Mond, erregt natürlich das Verlangen, ihn nicht blos seiner kosmischen Stellung nach, sondern auch individuell kennen zu lernen. Während das unbewaffnete Auge in sämmtlichen übrigen Himmelskörpern nur strahlende Punkte, und in der Sonne eine monotone Scheibe erblickt, nimmt es im Monde deutlich hellere und dunklere Flecke war, welche die Jdee einer landschaftlichen Mannichfaltigkeit erwecken und unwillkührlich zur Vergleichung mit unsrer Erde auffordern. Tiefer indess vermag es nicht einzudringen und es darf daher nicht Wunder nehmen, dass wir bei den Alten meistens nur verworrene, ja monströse Meinungen über die physische Beschaffenheit des Mondes antreffen. Erst das Fernrohr eines *Galiläi* vermochte uns näher in diese räthselhafte Welt einzuführen; und wenn gleich die ersten Versuche *Galiläi's* selbst, so wie die eines *Scheiner*, *Schirläus*, *Hirschgarter* und *Langren*, die Mondscheibe abzuzeichnen, von keinem Gelingen gekrönt wurden, so brachte doch schon *Hevel* 1643 die erste — freilich noch sehr rohe — Mondkarte wirklich — zu Stande, und bald folgte ihm *Grimaldi* mit einer ähnlichen, wiewohl weit unvollkommneren. Die erste Karte, nebst 40 Phasen-

zeichnungen, findet sich in *Hevels* Selenographie, die zweite in *Riccioli's* Almagestus Novus. 40 Jahre später folgte *Dom. Cassini*, hierauf *Lahire* mit einer sehr grossen (12 Fuss Durchmesser) die aber nur im Manuscript vorhanden ist: auch noch andre weniger bekannt gewordene Versuche fallen in diese Zeit: jedoch blieb *Hevel's* erste Mondkarte länger als 100 Jahr hindurch die beste. Erst *Tob. Mayer* in Göttingen gab uns eine kleine aber höchst sorgfältig nach wirklichen Messungen gezeichnete (alle früheren waren nur nach dem Augenmaasse entworfen) — und diese blieb wieder die Hauptquelle bis auf die neuesten Zeiten hin. Denn weder *Lalande's* emendirte *Cassini*sche, noch *Lambert's*, *Rost's*, *Hell's* und andre Mondkarten, die überdiess nur auf wenige oder auch gar keine eigne Beobachtungen beruhten, können mit *Mayer's* Arbeit verglichen werden; selbst *Schröters* mit dem ausharrendsten Fleisse, aber leider ohne festen Plan ausgeführten speciellen Zeichnungen führten uns nur scheinbar weiter. So zahlreich sie sich in seinen selentopographischen Fragmenten auch finden, es lässt sich nur wenig Gebrauch von ihnen machen und *Schröters* Arbeiten beweisen, dass man selbst bei dem reinsten und glühendsten Eifer für Naturwissenschaft und ausgerüstet mit schönen und reichen Hülfsmitteln dennoch den wahren Gesichtspunkt verfehlen und ein falsches Ziel im Auge haben könne! *Schröter* spürte den physischen Veränderungen auf der Mondfläche nach und bezog alle seine Wahrnehmungen einseitig nur auf diese; während jeder Unbefangene sich sagen muss, dass an ein Erkennen solcher Veränderungen, wenn überhaupt, doch jedenfalls erst dann gedacht werden darf, wann die feste, bleibende Grundlage so genau als unsre Mittel es irgend gestatten, erforscht, dargestellt und beschrieben ist. Und eine solche Darstellung gab er uns nicht allein durchaus nicht, sondern er erklärt ausdrücklich in seiner Vorrede, dass er sie für ganz unnöthig halte — weil ja jeder der ein Fernrohr besitzt, sich den Mond ansehen könne!

Schröter hat gleichwohl der Wissenschaft manchen Dienst geleistet — allein wie viel mehr hätte er leisten können, und bei seiner Beharrlichkeit und uneigennützigen Hingebung auch zu leisten verdient! Ehren wir sein Andenken, doch ahmen wir sein Beispiel nicht nach.

Wilhelm Gotthelf Lohrmann in Dresden ging mit Sachkenntniss und richtiger Einsicht an die schwierige Arbeit die Mondfläche graphisch darzustellen: seine ersten 4 Blätter (etwa

⅟₄ des Areals der sichtbaren Mondhalbkugel darstellend) erschienen 1824 und übertrafen bei weitem alles Frühere durch höchst sorgfältige Detaillirung, schöne und nach richtigen Prinzipien entworfene Zeichnung und Genauigkeit der Angaben. Leider haben äussere Hindernisse die Durchführung seines Planes gehemmt und eine 1838 erschienene Generalkarte des Mondes — höchst werthvoll und auch in artistischer Hinsicht ein Meisterstück — ist alles was von seinen spätern Arbeiten veröffentlicht ist; zwei Jahre später starb er plötzlich.

Das immer dringender werdende Bedürfniss einer dem jetzigen Zustande der Wissenschaft entsprechenden Mondkarte veranlasste den Verfasser dieses Werks, im Verein mit einem eifrigen und kundigen Freunde der Astronomie, Herrn *W. Beer* in Berlin, eine Karte nach *Lohrmanns* Plane, aber gänzlich und ausschliesslich auf eigene Beobachtungen gegründet, anzufertigen. Sie ward Anfangs 1830 begonnen und erschien im Oktober 1836 (Mappa Selenographica, 4 Bl.; das Ganze 3 Fuss Durchmesser). Später erschien eine die Karte erläuternde und alles, was sich aus den bisherigen Beobachtungen schliessen liess, darstellende Beschreibung des Mondes (der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen, oder allgemeine vergleichende Selenographie, Berlin 1837) und bald darauf sowohl die Karte als das Werk in einem kleineren Auszuge. So ist das, was hier über die physische Beschaffenheit der Mondfläche folgen wird, dem wesentlichsten Inhalte nach aus jenen Werken entnommen.

§. 114.

Der volle Mond zeigt uns beim ersten Anblick ein Gemisch von hellen und dunklen Flecken, und zwar dem Anschein nach ohne Symmetrie und Ordnung. Das Fernrohr zeigt uns noch mehrere Abstufungen und Farbentöne, vom blendensten Weiss bis zum tiefsten Stahlgrau und Grünlichgrau. In jedem Vollmonde wiederholt sich dieselbe Gestalt und nur die Libration bewirkt Verschiebungen, die folglich rein optischer Natur sind. Die frühere, noch von *Kepler* und *Hevel* (doch bei letzterm schon zweifelhaft) ausgesprochene Meinung erblickte in den grauen Flecken M e e r e, in den helleren hingegen L a n d s t r e c k e n. Die erstere Vorstellung musste schwinden da auf dem Monde kein Gegengesetz des Oceanischen und Continentalen existirt. Nur einer des Starren und Weichen, des Festen und Lockeren mag angenommen werden, und solchergestalt die Verschiedenheit des Lichtreflexes blos von der verschiedenen

Bodenformation abhängen. Bei genauerer Betrachtung im Fernrohr findet man die grauen Landschaften verhältnissmässig eben, die hellern gebirgig, doch sind Ausnahmen nicht selten. Es giebt sehr helle Ebenen und sehr dunkle Berglandschaften in mehreren Gegenden des Mondes; und namentlich sind die starkglänzenden Punkte, die uns der Vollmond in so grosser Anzahl zeigt, nur in seltenen Fällen Erhöhungen, sondern in der Regel schroff absteigende Vertiefungen.

Es existirt nämlich auf der Mondoberfläche eine Fundamentalform der Gebirgsbildungen, die von den auf der Erde vorherrschenden gänzlich verschieden ist, und die sich am einfachsten charakterisiren lässt als ein kreisförmiger, rings herum geschlossener Wall, der eine concav geböschte Tiefe umschliesst. Man hat dieser Form da, wo sie sich am bestimmtesten ausprägt, in den mittelgrossen Kreisbildungen (etwa von 2 und 3 bis zu 10 Meilen Durchmesser) den Namen Ringgebirg gegeben; bei den grösseren, meist zusammengesetzteren Wällen dieser Art, die eine ebene Fläche umschliessen, hat man, auf letztere sich beziehend, die Benennung Wallebene gewählt; die kleineren und kleinsten Bildungen dieser Art, die übrigens, so weit es erkannt werden kann, an Regelmässigkeit und prägnanter Frische die grösseren übertreffen, werden als Crater und Gruben aufgeführt. Die letztere Benennung würde eigentlich nur denjenigen Tiefen zukommen die keinen Wall haben, sondern ganz einfach Einsenkungen sind: es lässt sich schwer entscheiden ob dies auf dem Monde irgendwo der Strenge nach vorkomme.

Man muss sich übrigens hüten, aus Benennungen — die allerdings immer dem Gegenstande möglichst angemessen sein sollen — auf eine grössere Aehnlichkeit mit den gleichbenannten Formen unsers Erdkörpers zu schliessen. Wir haben zunächst nur das direkt Gesehene zu bezeichnen, und es ist der Deutlichkeit und Kürze angemessen die Bezeichnungen von uns bekannten Gegenständen zu entlehnen: nie aber kann daraus, dass ein Beobachter diese oder jene Benennung gebraucht hat, schon allein der Beweis geführt werden dass er eine innere, wesentliche Uebereinstimmung dabei im Auge gehabt habe. So spricht *Herschel* der Vater an einer Stelle von den mattglimmenden Punkten in des Mondes Nachtseite, die er „da man doch einer bestimmten Bezeichnung bedürfe“ und gegen jede weitere Schlussfolge daraus sich ausdrücklich verwahrend, Vulkane nennt. Und sofort verkündet man der Welt, es seien

brennende Vulkane im Monde entdeckt worden und citirt *Herschel* als Gewährsmann*). Wer je Beobachtungen dieser Art selbst machte oder auch nur die Originalberichte der Beobachter aufmerksam und vorurtheilsfrei durchlas, wird weit entfernt sein, so rasche Schlüsse zu wagen.

Die Ringgebirge sind seltner in den grauen oder überhaupt dunklen als in den helleren Theilen des Mondes, wiewohl einzelne Stellen der sogenannten Meere sie ebenfalls sehr häufig zeigen. Die grössten Gebilde dieser Art, wo eine sogenannte Wallebene von einem gewöhnlich sehr zusammengesetzten, oft in mehrfachen Reihen ziehenden Gebirg umgeben ist, sind im südlichen und namentlich im südwestlichen Theile des Mondes am häufigsten. Eine grosse Kette läuft aus den Gegenden der Mondmitte, von *Hipparch* und *Ptolemäus* aus, nach Süden, anfangs in zusammenhängender Reihe, jenseit des 36° aber in getrennten Gliedern. Zwei ähnliche Reihen ziehen, eine 60° östlich, die andre 60° westlich von der vorhin erwähnten. Alle 3 Reihen beginnen in der Nähe des Aequators und enden in den mittleren Breiten der südlichen Halbkugel; ihr Streichen ist fast genau 12² und ihre einzelne Glieder sind an Grösse nicht sehr verschieden; diese Uebereinstimmung scheint nicht ganz zufällig zu sein; vielleicht hängt sie mit der ursprünglichen Schwankung der Mondkugel zusammen; denn wie sich auch immer die Mondoberfläche gebildet haben möge: es ist kaum zu zweifeln dass diese grossen Wallebenen zu den frühesten Bildungen gehören.

Unverkennbar ist es nämlich dass sie späteren Formen aller Art gewichen sind und ihnen Platz gemacht haben. Einige der alten Wallebenen sind durch diese neuen Gebilde bis zur Unkenntlichkeit entstellt; oder man findet sie nur unter besondern Beleuchtungsverhältnissen als ein Ganzes heraus. Ein Beispiel dieser Art ist die schöne Landdschaft Hip-

*) Es ist übrigens sehr leicht nachzuweisen, dass die von *Herschel* in der Nachtseite des Mondes gesehenen Punkte die er mit verglimmender Asche vergleicht und deren Lichtstärke er der eines Sterns 4. Grösse im freien Auge gleich setzt, die Mondflecke Aristarch, Copernicus und Kepler waren, deren starke Reflexionsfähigkeit sie auch im Sonnenlichte vor den andern auszeichnet und die man unter günstigen Umständen fortwährend in des Mondes Nachtseite leuchten sieht. — An Vulkanen in dem Sinne wie die Erde sie hat, ist auf dem Monde nicht zu denken.

parch, in welcher, wenn die Sonne nur erst eine geringe Elevation hat, der gemeinsame Wall deutlich rings herum zu verfolgen ist und die späteren Gebilde nur wie untergeordnete Nebentheile erscheinen, wogegen bei höherem Sonnenstande sich alles mehr und mehr aufzulösen und zu vereinzeln scheint, so dass um den Vollmond herum *Hipparch* selbst zu einer tabula rosa geworden ist, auf welcher sich mehrere grössere und kleinere Ringgebirge und isolirte Gipfel darstellen. Selbst in denen, die ihre Integrität noch am besten bewährt haben, wie *Petavius* und *W. Humboldt*, findet man in und am Walle herum kleinere Crater, Durchbrüche verschiedner Form und Grösse, besonders aber schmale, lange, furchenartig vertiefte Thalschluchten.

Selten oder nie ist die innere Fläche ganz eben. Zuweilen glaubt man allerdings eine spiegelglatte Fläche vor sich zu sehen oder höchstens gegen die Mitte hin einen isolirten Bergkegel wahrzunehmen; bei genauerer Betrachtung in möglichst schräger Beleuchtung aber überzeugt man sich dass Hügelgruppen, breitere Landrücken, schmale aderartige Höhenzüge, craterartige Vertiefungen oder auch (freilich seltner) blasenartig aufgetriebene Stellen darin vorkommen, die oft eine höchst reizende landschaftliche Mannigfaltigkeit darbieten. Nur muss man die lichten Streifen, die oft in Menge durch solche Wallebenen wie über alle andern Mondgegenden hinziehen, nicht sofort für Erhöhungen halten: dies sind sie nur in den allerwenigsten Fällen, wie sehr auch der erste Anblick in hoher Beleuchtung dafür zu sprechen scheint. Dass *Hevel*, *Cassini* und fast alle frühern Selenographen, selbst noch *Schröter*, diese breiten weissen Streifen für Gebirgszüge hielten und so auf ihre Karten eintrugen, war ein weit schlimmerer Irrthum als die zufälligen Verzeichnungen und Verwechselungen. Auf *Hevels* Karten finden sich eine Menge solcher Gebirge: seine Montes Uscii, Coibarcani, Taurus, Antitaurus u. a. m. sind nichts als solche Streifen, und werden in schräger Beleuchtung, wenn die wirklichen Erhöhungen durch ihre Schatten sich unzweifelhaft als solche darthun, vergebens gesucht.

§. 115.

Zunächst auf diese Wallebenen folgen der Grösse nach die eigentlich sogenannten Ringgebirge, die im Allgemeinen dem Ideal eines Kreises näher stehen und in nicht wenigen Fällen (so weit unsre Beobachtung es entscheiden kann) ihm völlig entsprechen. Ihre Zahl ist ungemein gross. In einigen

Mondgegenden stehen sie in so dichtem Gedräng zusammen dass fast nichts Andres mehr zwischen ihnen Platz hat und ihre Form — gleichsam nothgedrungen — der polygonalen sich nähert. Ueberhaupt aber ist der Fall, dass zwei sehr nahe gleiche Gebilde dieser Art nahe zusammenstehen und sich mit ihren Aussenwällen berühren, überall auf der Mondfläche sehr häufig.

Meistens haben diese Ringgebirge rund herum nahe dieselbe Höhe. Trägt der Wall einzelne Gipfel so sind diese selten sehr hoch. Häufig fällt der Wall, nach innen wie nach aussen, in Terrassen ab, oder Ausläufer verzweigen sich vom Walle aus nach verschiednen Seiten.

Im Innern zeigt sich am häufigsten ein sogenannter Centralberg, oft nur wie eine schwache Narbe und von sehr geringer Höhe, oft aber auch pikförmig oder in den grösseren Ringflächen als kleines Massengebirg. Seltner ist der Fall, dass eine Hügelgruppe ohne deutlichen Zusammenhang die Stelle des Centralbergs vertritt (*Aristoteles* giebt ein Beispiel) dagegen finden sich Reihen niedriger Hügel in mehreren Ringgebirgen. Der einfache Centralberg bezeichnet fast immer die Mitte und zugleich den tiefsten Punkt des concav geböschten und steil abstürzenden Innern. Nie erhebt er sich bis zur Höhe des Walles, meistens bleibt sein Gipfel weit unter der Hälfte desselben. Die höchsten Centralgebirge von 4 — 5000 Fuss Höhe kommen im Moretus, Tycho, Petavius und Theophilus vor, aber in diesen Gebilden erreicht der Wall 12 — 16000 Fuss Höhe, vom tiefsten Punkte des Innern an gemessen. Selbst die von aussen angrenzende Ebene liegt meistens noch höher als die Gipfel der Centralberge.

Wiewohl die Entscheidung schwierig ist, so scheint es doch als ob es auch Ringflächen ohne allen Centralberg gäbe und diese haben dann fast immer eine dunkel-strahlgraue (auch wohl ins bläuliche spielende) Farbe, sind (nach innen wenigstens) sehr regelmässig kreisförmig und zwar von einem hellern Ringgebirg umgeben, das aber meistens in einer eben so hellen Umgebung liegt, weshalb, wenn die Schatten verschwinden, nur noch die graue Kreisfläche selbst erkennbar bleibt. Doch auch wo Centralberge stehen (wie im Campanus) ist die Farbe des Innern zuweilen mehr oder weniger dunkelgrau, meistens aber fast oder völlig eben so hell als der äussere Wall, ja in der südlichen Halbkugel sind die meisten mit ihrem Walle und der Umgebung desselben an Glanz und Farbe

so sehr gleich, dass man im Vollmonde durchaus nichts mehr von ihnen unterscheidet, selbst wenn man ihren Ort kennt. Dieser letztern Metamorphose unterliegen häufig die grossartigsten, am tiefsten abstürzenden, am mannichfaltigsten gegliederten Ringgebirge und Wallebenen. Selbst in den grauen Flächen (den sogenannten Meeren) ist dies nicht selten der Fall, wiewohl in diesen alles leichter erkennbar ist als in den hellern Gebirgslandschaften. Ueberhaupt ist der Anblick des vollen Mondes, wo man direkt gar nichts von Erhöhungen und Vertiefungen, sondern nur die verschiednen Farben- und Lichttöne wahrnimmt; von dem in schräger Beleuchtung so durchaus verschieden, dass man sich nur schwer überredet, denselben Weltkörper vor sich zu haben. Es war ein durchaus vergebliches Unternehmen, den Mond so zu zeichnen wie er erscheint, und doch eine in allen Phasen brauchbare Karte zu geben. Selbst mit der genauesten Vollmondskarte wird man sich in andern Tagen des Mondalters, z. B. im ersten oder letzten Viertel, nur mit grosser Schwierigkeit in der nördlichen Halbkugel zurechtfinden, im grössten Theile der südlichen hingegen wird alle Mühe umsonst sein.

Die Zahl der Ringgebirge, wenn man sie nur bis zu 2 Meilen Durchmesser abwärts nimmt, übersteigt schon 1000; doch dies ist nichts gegen die unzählige Menge der kleinen und kleinsten Crater, von denen ein Fernrohr wie das zur Mappa Selenographica angewandte von 5 Fuss Brennweite gegen 15 — 20000 zeigt. Sie sind fast alle verhältnissmässig sehr tief, doch keinesweges (so viel sich erkennen lässt), wirkliche bodenlose Schlünde, die tief ins Innere der Mondkugel führen. Die Art wie der Schatten sich in ihnen darstellt, so wie der Anblick in höherer Beleuchtung lässt hierüber keinen Zweifel. Auch sie zeigen häufig noch Centralberge, wiewohl ihr Erkennen hier schon aufs äusserste erschwert ist. Eben so wenig fehlen Ungleichheiten des Kammes, kleine Verzweigungen, Abweichungen von der Kreisform u. dgl. wiewohl alles das doch nur als Ausnahme dasteht im Verhältniss zur grossen Mehrzahl, die sich für uns in streng regelmässiger Form darstellt. Sehr gewöhnlich sieht man zwei oder mehrere (in einzelnen Fällen bis zu 10 und 12) reihenweis wie Perlenschnüre aneinander gereiht, in welchem Falle gewöhnlich zwei benachbarte einen gemeinschaftlichen Wall haben. In andern ähnlichen Verbindungen ist der Zusammenhang noch inniger: eine Art von Thor geht aus einem Crater in den andern, und

so wird leicht ein Canal mit rundlichen Seitenausbiegungen daraus. Beispiele bieten besonders die Gegend zwischen Eratosthenes und Copernicus, die Landschaften Sasserides und Orontius, die Umgegend von Capella und Censorinus; der Wall und die Ebene des Albategnius dar. Am Nordwestrande des Ptolemäus stehen 6 sehr kleine Crater (von 4—6000 Fuss Durchmesser) gradlinigt an einander gereiht — ein reizender Anblick. — Da die meisten dieser Crater nach Innen sehr schroff abstürzen und noch ganz mit Schatten erfüllt sind wenn auch die Sonne schon 15°—20° über ihrem Horizont steht, so bekommen die Mondgegenden, wo sie sich sehr häufig finden, ein gleichsam durchlöchertes Ansehen. — Der starke Glanz, den die meisten Crater im Vollmonde zeigen, scheint von der regelmässigen Form der innern Höhlung herzukommen, indem sie auf diese Weise das Sonnenlicht wie ein Brennspiegel reflektiren. Von andern glänzt nur der Rand und das Innere ist dunkel, so dass man einen zarten Lichtring wahrnimmt.

Viele auf den ersten Anblick eben scheinende Gegenden des Mondes zeigen sich bei aufmerksamerer Betrachtung oder in stärkeren Fernröhren mit einer Menge sehr kleiner Crater besetzt: andre lassen durch ihr gleichsam graumelirtes Ansehen auf ein ähnliches Resultat schliessen, nur dass die Crater einzeln genommen, ähnlich wie die einzelnen Sterne in vielen Nebelflecken, zu klein sind. — Crater kommen in den verschiedensten Lokalitäten vor: in Ebenen, in Ringflächen, an und auf den Wällen derselben, zwischen Gebirgszügen, an und auf flacheren Landrücken u. dgl.

§. 116.

Der Mond zeigt allerdings auch hin und wieder eben solche Gebirgsketten als unsre Erde, jedoch seltner und auf kürzeren Strecken, auch in der Form der Thal- und Gipfelbildung sehr abweichend. Die erstern nähern sich mehr oder weniger der Craterform, die letztern sind vorherrschend Dom- zuweilen jedoch pikförmig. Das von *Hevel* so genannte Apeninen-Gebirg, 90 Meilen lang und in seinem höchsten Berge 17000 F. sich erhebend; ferner die Alpen, der Caucasus, die Riphäen, der Altai und einige andre kleinere. Sie laufen nicht wie die Erdgebirge in verschiedenen Aesten aus, sondern erfüllen als grösstentheils scharf begrenzte Masse ein zuweilen bedeutendes Terrain. Weit häufiger als auf der Erde sind isolirte Berge ohne allen Zusammenhang, oder Gruppen von Hügeln, oft kaum zu zählen, wiewohl selbst deutlich zu erkennen. Um den 40°

nördlicher Breite herum und vom mittlern Meridian des Mondes durchschnitten, zieht sich ein fast 200 deutsche Meilen langer und ziemlich breiter Gürtel von Hügellandschaften hin; bei Aristoteles herum zeigen sie sich, nach verschiedenen Richtungen hin in parallele Reihen geordnet.

§. 117.

Die grauen ebneren Landschaften des Mondes sind ohne Ausnahme von langen, flachen, graden oder doch nur in grossen freien Krümmungen dahinstreichenden Höhenrücken durchzogen: die man — nicht ganz passend — Bergadern genannt hat. Sie sind nicht als Verzweigungen und Ausläufer grösserer Gebirge zu betrachten, denn diese kommen selten auf dem Monde vor, sondern ihr Anfang und Ende liegt meistens in der Ebene. Dagegen bestehen unter ihnen selbst mannichfaltige Verzweigungen und Verbindungen. Nur wenige sind von hellerer Farbe als die Umgegend: bei weitem die meisten verschwinden nicht nur im Vollmonde, sondern auch schon bei mässig hohen Erleuchtungswinkeln, denn da ihre Böschung äusserst gering, öfter unter als über 5 Grad ist, so zeigen sie nur bei Sonnen-Auf- und Untergang einigen Schatten und werden dadurch kenntlich. Von einigen mag die Höhe nicht über 50 Fuss betragen, da sie aber beträchtlich breit (wohl $\frac{1}{2}$ bis 1 Meile und darüber) und viele Meilen lang fortstreichen, so kann ihr Schatten bei sehr geringem Erleuchtungswinkel sie uns kenntlich machen. Doch finden sich auch einige von 1000 Fuss und darüber.

Selten zeigen sich auf ihnen einzelne Gipfel, zuweilen indess enden sie an solchen. Die Rückenlinie ist entweder ganz gleichförmig oder bildet sehr sanfte Wellen. Oefter enden sie an Cratern, oder werden durch solche unterbrochen, auch wohl in ihrer Richtung geändert. Einzelne erstrecken sich auf 60 bis 80 Meilen, z. B. die welche nördlich an Timocharis vorüberzieht. In den grössern Wallebenen bemerkt man bei Anwendung starker Vergrösserungen zuweilen äusserst zarte, schmale und niedrige Bergadern; in den hellern Landschaften sind sie seltner und dann immer nur kurz.

§. 118.

Eine noch räthselhaftere Formation stellt sich uns in den sogenannten Rillen dar: schmalen tiefen Furchen, gradlinigt oder nur in sehr mässigen Krümmungen durch Ebenen oder auch durch Gebirgslandschaften hinstreichend und schwer wahrzunehmen, da sie fast sämmtlich äusserst schmal sind. Bis jetzt sind gegen 90 aufgefunden: die ersten beiden fand *Schrö-*

ter im J. 1788. Man kann sie wechselsweise als glänzende Lichtlinien und als schwarze Fäden erblicken, ersteres im Vollmonde, letzteres bei schräger Beleuchtung. In einigen bemerkt man kleine rundliche Erweiterungen, gleichsam als ob die Rillen durch einen Crater ziehn. Die zuerst aufgefundene, sehr bequem sichtbare Rille des Hyginus (fast auf der Mitte der Mondscheibe) zieht auf diese Weise durch 10 Crater, die sämmtlich Minima der Sichtbarkeit sind, und einem grössern (den *Hyginus* selbst) von etwa $1\frac{1}{4}$ Meile Durchmesser. Letzteren durchschneidet sie so, dass sie seinen Rand sprengt und mit selbstständigen Wällen durch sein Inneres fortzieht, wobei indess ihre Richtung eine kleine Veränderung erleidet. Ein Beweis dass die Rille späteren Ursprungs als der Crater ist. — Verzweigungen und Durchschneidungen dieser Rillen sind sehr selten; schlängelnde Krümmungen wie bei den Flüssen unsers Erdkörpers, kommen nur bei einer einzigen (in der Gegend des Aristarch und Herodot gelegen) vor. Ueberhaupt spricht nichts dafür dass sie Stromsysteme seien oder dies einst waren. An einigen Stellen sieht man sie zu 2, 3, 4 nahe neben einander parallel fortstreichen. Sie durchsetzen zuweilen Berge von ziemlicher Steilheit und Höhe, wobei sich aber ihre Breite gewöhnlich nicht verändert, die überhaupt in den meisten Fällen durchweg gleich ist.

Da man von jeher nur zu geneigt war, specielle Aehnlichkeiten zwischen Erde und Mond aufzufinden, so hat man auch diese Rillen bald für Flüsse, bald für künstliche Canäle, bald für Landstrassen angesehen. Die erstere Meinung fällt, wenn man Anfang und Ende der meisten Rillen betrachtet, die im gewöhnlichsten Falle beide in derselben Ebene liegen und keine merkliche Ungleichheit der Breite zeigen; wenn man ferner in denen, bei welchen die Breite es gestattet, einen scharf abgeschnittenen Schatten wahrnimmt, wie er bei fliessenden Gewässern nicht wohl gedacht werden könnte, und wenn man ihre Vertheilung und gegenseitige Stellung betrachtet. Nirgend auf unsrer Erde sind Flüsse, die aus solchen Fernen betrachtet ein den Mondrillen ähnliches Verhalten zeigen würden.

Noch weniger aber ist an künstliche Canäle oder Strassen zu denken bei Gebilden, deren Breite jedenfalls nach Tausenden von Fussen gemessen werden muss und deren Anfangs und Endpunkte gewöhnlich durch Nichts ausgezeichnet sind. Es ist überhaupt viel zu rasch geschlossen, wenn man gleichsam stillschweigend voraussetzt dass die Mondbewohner künstliche Wohnungen, Strassen u. dgl. haben, weil wir sie haben.

und allerdings haben müssen. Denn ursprünglich waren es doch nur die zu empfindlichen Witterungsveränderungen, die uns in Häusern unsre Zuflucht suchen liessen, so wie die zu grosse Schwierigkeit der Bewegungen, welche auf eine Erleichterung durch Kunststrassen führte. Wäre Beides auf der Erde so gewesen wie es auf dem Monde ist, so ist sehr zu zweifeln dass selbst bei fortschreitender Cultur die menschliche Industrie sich nach diesen Richtungen hin so entfaltet hätte wie wir es jetzt kennen.

§. 119.

Denn es ist nun endlich Zeit, die bisher nur gelegentlich berührte Frage über die Atmosphäre und die Gewässer des Mondes direkt zu beantworten. Seit *Meyer* aus Gründen, die wir sogleich darlegen werden, die Existenz beider bestritt, hat man sich zum Theil mit heftiger Polemik, auf der Gegenseite bemüht, diese Gründe zu entkräften und ihnen andre Gründe entgegenzustellen. Ein Weltkörper ohne Luft und ohne Wasser schien — wenigstens insofern er bewohnt sein sollte — ein Widerspruch, und aus menschenfreundlicher Theilnahme für das Wohl der Seleniten griff man nach der letzten Möglichkeit, um ihnen diese beiden absolut unentbehrlichen Requisite des physischen Lebens zu retten. Der Astronom aber kann sich von keinem auch noch so edlen Gefühle bestechen lassen wo es Erforschung der Wahrheit gilt, und selbst auf die Gefahr hin dass den Mondbewohnern die Existenz abgesprochen werden müsste, sieht er sich genöthigt eine Luft und ein Wasser, wie wir beides hier kennen, zu verneinen. Jede Luftart nicht blos unsre atmosphärische, bricht den Lichtstrahl und schwächt das hindurchgehende Licht: weder von dem einen noch dem andern ist auf der Mondoberfläche das Geringste wahrzunehmen. Wenn wir die Randlandschaften derselben beobachten und mit denen der Mitte vergleichen, so finden wir dieselbe Deutlichkeit, was bei keiner mit einer Atmosphäre umhüllten Kugel möglich ist. Wir finden beim Eintrittt eines Sterns in den Mondrand keine Schwächung, wie sie die Erdatmosphäre (und zwar in sehr starkem Maasse) bewirken würde; und eben so wenig eine Verminderung, der Dauer des Durchgangs, die eine Mondatmosphäre eben so bewirken würde, wie die Erdatmosphäre durch die Strahlenbrechung eine Verminderung der Nachtlänge bewirkt. Eine Umhüllung des Mondes also muss, wenn sie existirt, den Lichtstrahl weder schwächen noch ablenken. Enthielte diese

unbekannte Umhüllung, die wenigstens nicht Luft heissen könnte, aufgelöseten Wasserdampf, so würde sich auch dieser durch Strahlenbrechung verrathen müssen. Eine Flüssigkeit aber die nicht verdunstet (unser Wasser verdunstet auch im luftleeren Raume) ist keine der uns bekannten, d. h. eben so wenig ein Wasser, wie jene Umhüllung eine Luft ist.

Die Freunde der Mondatmosphäre und der Mondgewässer, auf der diesseitigen Halbkugel durch die ihrer Hypothese widersprechenden Beobachtungen in die Enge getrieben, flüchteten in die jenseitige, die der Phantasie ein freieres Feld darzubieten schien, und gaben zugleich den Seleniten den wohlgemeinten Rath, die rauhe, schlakenverbrannte, sterile und nur von starren Felsenmassen bedeckte diesseitige Halbkugel zu verlassen, damit sie desto ungestörter ihrem Zwecke, die Erde zu erleuchten, dienen könne. Jenseits warteten ihrer reizende Gefilde, von rieselnden Bächen durchschnitten, von milden Lüften umweht u. s. w. u. s. w. — denn wozu ein Phantasiegemälde weiter ausführen, das so gänzlich bodenlos ist? Niemand wird uns im Ernste überreden wollen dass eine Luft, deren erste und allgemeinste Eigenschaft die der Ausbreitung nach allen Seiten ist, der einen Halbkugel zugetheilt sein und der andern fehlen könne, und dass es mit dem Wasser eine ähnliche Bewandtniss habe, ergiebt sich leicht bei einigem Nachdenken.

§. 120,

Noch eine Auskunft schien übrig: eine Mondatmosphäre von so geringer Dichtigkeit und so grosser Durchsichtigkeit, so wie ein Mondwasser von so ätherischer Feinheit und Klarheit, dass wir aus 50000 Meilen Entfernung nicht im Stande seien, Spuren der einen oder des andern wahrzunehmen. Dem kleinern Monde — so schloss man — käme auch eine viel dünnere Atmosphäre zu: eine dichtere festzuhalten sei er nicht im Stande. *Schröter* glaubte aus einer vermeintlichen Dämmerung auf dem Monde $^1/_{28}$ für die Dichtigkeit der Mondluft zu finden (schon dünn genug um nach wenigen Minuten zu ersticken); andre, wie *Melanderhjelm* und *Gruithuysen*, versuchten auf theoretischem Wege diese Dichtigkeit zu bestimmen. Alle hatten versäumt, die Sternbedeckungen dabei in Rechnung zu ziehen, und dies holte *Bessel* nach, der als äusserste Möglichkeit einer Mondluft die Dichtigkeit $^1/_{968}$ fand (die der Erdluft = 1 gesetzt). Diese nach aller Strenge durchgeführte Rechnung, bei welcher die Annahmen, die einen Spiel-

raum zuliessen, so genommen waren wie sie einer möglichst grossen Dichtigkeit der Mondatmosphäre am günstigten sein müssten, zeigt also zur Genüge, dass von dieser Seite an gar keine Aehnlichkeit der Naturverhältnisse zwischen Mond und Erde gedacht werden darf.

Wo weder Luft noch Wasser (oder beides in so unbedeutendem Maasse) existirt, wird man auch an unser Feuer, also auch an Feuerausbrüche u. dgl. nicht zu denken haben. Die Form der Mondgebilde hat Viele veranlasst, vulkanische Eruptionen auf dem Monde anzunehmen: allein selbst wenn — wie es allerdings wahrscheinlich ist — diese Ringgebirge das Produkt einer von innen nach aussen wirkenden und also, wenn sie zum Ziele gelangt, erumpirenden Kraft sind, so ist doch die eigentlich vulkanische Natur derselben nicht anzunehmen. Auch ist die Aehnlichkeit jener Kreisformen mit den vulkanischen Cratern unsrer Erde in der That nicht so gross, als es scheinen sollte. Die grössten Crater unsrer Erde (wie der des Aetna) sind kaum den kleinsten der oben erwähnten Mondcrater zu vergleichen; und wie verschieden ist ein Ringgebirg von einem Vulkan unsrer Erde, wenn man ihre äussere Form vergleicht! Auch sind nie vulkanische Ausbrüche auf dem Monde beobachtet worden: was man als solche bezeichnet hat, waren Punkte welche im Erdenlicht stärker als ihre Umgebung leuchteten, wie sie es im Sonnenlicht stets thun. Eben so rühren die Meteorsteine wohl nicht vom Monde, sondern aus den Sternschnuppenschwärmen her, die die Erde, wie wir jetzt mit Sicherheit wissen, im August und November durchschneidet.

§. 121.

Wie bereits erwähnt, so zeigt uns der Mond hellere und dunklere Oberflächentheile, und einzelne Punkte zeichnen sich durch ein vorzüglich lebhaftes Licht aus. Diese Verschiedenheiten haben ihren Grund in der eigenthümlichen Formation des Mondbodens. Die dunkleren Theile sind wahrscheinlich lokkerer (oder darf man an eine Vegetation denken? dass einige dieser Flächen einen grünen Schimmer zeigen dürfte wohl nicht als Stütze dieser Ansicht genommen werden, denn bei so sehr verschiedenen Naturverhältnissen wäre Uebereinstimmung der Farbe ein reiner Zufall). Die helleren, also wohl starreren Theile variiren sehr nach Maassgabe des Erleuchtungswinkels und der Stellung gegen die Erde, und der äusserst lebhafte Glanz mehrerer mittelgrossen und kleinern Crater (die

im Vollmonde wie feine Sternchen schimmern) dürfte am wahrscheinlichsten ihrer sphärischen oder vielleicht parabolischen Höhlung zuzuschreiben sein. Bei grösseren Ringgebirgen ist der Glanz selten so stark, oder doch nicht über das Ganze so verbreitet; vielmehr haben diese (wenn sie überhaupt im Vollmonde sichtbar bleiben) häufig ein verwaschenes nebelhaftes Ansehen, und kontrastiren bedeutend gegen die reinen scharfbegrenzten Lichtkreise und Lichtringe der kleinern Crater. Doch gehören einige dieser hellern Flecke auch Berggipfeln an, und andre sogar solchen Punkten, die sich in Rücksicht des Niveaus gar nicht vor ihrer Umgebung auszeichnen.

Sehr merkwürdig sind die Lichtstreifen der Mondfläche, deren einige vereinzelt ziehen, die meisten aber zu mehr oder weniger regelmässigen Strahlensytemen geordnet sind und dann in hoher Beleuchtung so sehr prädominiren, dass man in den von ihnen durchzogenen Gegenden gar nichts Anderes wahrnimmt. Sieben grössere Ringgebirge bilden die Mittelpunkte dieser Systeme, und *Tycho*, ein kolossales Ringgebirg der südlichen Halbkugel, hat das bedeutendste. In günstiger Libration bedeckt das Strahlensystem *Tycho's* mehr als ein Viertel der Scheibe. *Copernicus*, *Kepler* und *Aristarch* folgen zunächst, *Anaxagoras*, *Byrgius* und *Olbers* liegen dem Rande zu nahe um so grossartig zu erscheinen als die vorerwähnten.

Diese Streifen erstrecken sich ohne Unterschied über Gebirge, Thäler und Ebenen, ohne deshalb ihre Richtung, Gestalt oder Farbe zu verändern. Sie sind meistens sehr breit, einige 3 — 4 Meilen, doch zeigen sich namentlich bei *Aristarch* auch sehr schmale, von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Meile Breite. Sie verschwinden bei schräger Beleuchtung allmählich, und erscheinen eben so wieder, sobald die Sonne sich höher über ihren Horizont erhebt. An einigen Stellen vereinigen sie sich zu Lichtknoten oder zu einer breiten zusammenhängenden Masse; hin und wieder haben sie ein büschelförmiges Ansehen. Die Ringgebirge, welche ihre Central- und Knotenpunkte bilden, gehören sämmtlich, wenigstens was den Wall selbst betrifft, zu den starkglänzenden. — Man hat sich die Erklärung dieser Streifen früher ziemlich leicht gemacht, indem man sie bald für Bergketten, bald für Lavaströme hielt. Beides ist durch das Obige vollständig widerlegt; allein es ist schwer eine genügende Erklärung zu geben. — Nimmt man an, dass der Mond seine Oberflächengestaltung durch Ausbrüche erlangt habe, so

ist es leicht zu erachten dass nicht alle derselben vom Centro ausgingen und rechtwinklicht auf die Oberfläche trafen, sondern häufig auch unter schiefen, ja sehr kleinen Winkeln. Denkt man sich einen vielleicht stark erhitzten Gasstrom nahe unterhalb der Oberfläche fortstreichend, so wird er die innere Struktur derselben, und folglich auch die Reflexionsfähigkeit derselben verändern (verkalken oder verglasen?) und diese Veränderung wird eine bleibende sein, die selbst durch nachherige Umwälzungen und Ausbrüche nicht wesentlich betroffen wird. Vielleicht zogen solche Ströme von allen Seiten einer einzigen grossen Esse zu, die sich ihnen an der Stelle des jetzigen Ringgebirges darbot. Diese Hypothese, wiewohl sie bei weitem nicht alle Schwierigkeiten hebt — was aber bei einer Topographie fremder Weltkörper auch nie erwartet werden kann — dürfte wenigstens vor denen den Vorzug verdienen, die einen Zustand der Dinge voraussetzen wie er gewiss nicht auf dem Monde besteht, noch je bestanden hat.

§. 122.

Ueberblicken wir alles bisher über unsern Nebenplaneten Gesagte, so wird sich die Antwort auf die oft angeregte Frage nach den Bewohnern des Mondes wenigstens einigermaassen geben lassen. Es ist, allgemein genommen, im höchsten Grade wahrscheinlich dass nicht der Mond allein, sondern jeder Weltkörper lebende Bewohner habe, da einerseits gar kein Grund abzusehen ist, mit welchem die Erde einen so ungemeinen Vorzug ausschliesslich in Anspruch nehmen könnte; andrerseits von der Weisheit des Schöpfers erwartet werden kann, dass alle seine Werke die möglichst höchsten Zwecke erfüllen. Wo wir also Einrichtungen getroffen sehen, welche Bewohner möglich machen, können wir diese auch als wirklich annehmen, und zugleich versichert sein, dass jeder Weltkörper mit solchen Bewohnern versehen sei, die seiner Naturbeschaffenheit angemessen sind und sich auf ihm ihres Lebens erfreuen können.

Mit dieser allgemeinen mehr ethischen als astronomischen Beantwortung will man sich indess nur höchst ungern begnügen: man möchte eine möglichst specielle Auskunft über den Organismus, die Lebensweise, die physischen und geistigen Fähigkeiten der Bewohner fremder Welten haben. Insbesondere glaubte man bei dem uns verhältnissmässig so nahen Monde zu der Hoffnung berechtigt zu sein, bei stets steigender optischer Kraft der künstlichen Sehwerkzeuge einst noch dessen Bewohner zu sehen, ja selbst die Idee mit ihnen zu kor-

respondiren oder gar persönlich zu ihnen zu gelangen, ist alles Ernstes verfolgt worden, und die mancherlei sinnreichen Vorschläge, die zu ihrer Ausführung gemacht worden sind, beweisen dass man die Sache nichts weniger als aufzugeben gesonnen ist.

Ob die ferne Zukunft eine oder die andre dieser Hoffnungen zu erfüllen im Stande sein werde, bleibe dahingestellt; wahrscheinlich ist es indessen nicht. Wenigstens vergessen die, welche von einer fortschreitenden Vergrösserung der Ferngläser alles erwarten, dass ein solches die anderweitigen, hauptsächlich im Zustande der Erdatmosphäre und der täglichen Bewegung liegenden Schwierigkeiten nicht allein nicht hebt, sondern vielmehr im Verhältniss seiner Grösse vermehrt; und dass überhaupt stärkere Vergrösserungen nur dann von Nutzen sein können, wenn die Deutlichkeit des Bildes sich in ganz gleichem Maasse erhöht. Schon bei den grössten der jetzt in Anwendung gebrachten Fernröhre zeigen sich diese Schwierigkeiten in hohem Grade, dergestalt dass man ihre volle Kraft nur selten und nicht bei allen Gegenständen in Anwendung bringen kann: wie denn namentlich der Mond zu denjenigen Objecten gehört, für welche die stärksten Vergrösserungen sich nicht sonderlich vortheilhaft bewähren. Gelänge es aber auch, mit einer 1000 maligen Vergrösserung noch gute Beobachtungen auf der Mondfläche zu machen, so würden die Gegenstände auf derselben immer noch nicht besser erscheinen als mit freiem Auge in $^{50000}/_{1000} = 50$ Meilen Entfernung; und auch das schärfste Auge ist nicht im Stande, einen Menschen, ein Pferd u. dgl. noch wahrzunehmen wenn sie 1 Meile entfernt sind.

Vielleicht aber könnte man ihre Werke auffinden, ihre Heereszüge verfolgen u. dgl.? Auch hier ist schwerlich etwas zu erwarten. Wenn es nun auch endlich gelänge, ein architektonisches Produkt von der Grösse der Cheops-Pyramide oder der Peterskirche als ein feines Pünktchen wahrzunehmen — was allenfalls von der Zukunft zu hoffen wäre — wer deutet uns dies Pünktchen? Die kleinsten der ihrer Gestalt nach mit einiger Deutlichkeit wahrnehmbaren Gegenstände sind noch immer 4—6000 Fuss lang und breit, und auch eine verhältnissmässig nicht unbeträchtliche Höhe darf ihnen nicht fehlen wenn man sie von ihrer Umgebung unterscheiden soll. Und dass diese Grenze der deutlichen Sichtbarkeit sich in weit langsameren Verhältnissen vermindern werde als die Grösse und optische Kraft der Fernröhre sich vermehrt, ist ausser Zweifel.

Wie viel oder wie wenig aber auch die Zukunft von jenen Hoffnungen realisiren möge — die Fortschritte unsrer Mondkunde werden stets davon abhängig bleiben, dass man die vorhandenen Hülfsmittel treu und sorgfältig benutze und so tief als diese es irgend gestatten, in das Detail der Mondoberfläche eindringe. Noch ist bei weitem nicht genug in dieser Beziehung geschehen. Nicht von einem Einzelnen, und ständen ihm die kräftigsten Hülfsmittel zu Gebot, kann eine vollendete und das Ganze umfassende Arbeit dieser Art erwartet werden, denn ein mehrere Jahrhunderte langes Leben ist den jetzigen Bewohnern der Erde nicht beschieden. Entweder muss eine Vereinigung Vieler zu diesem Zwecke statt finden und die Arbeit streng planmässig vertheilt und angeordnet werden; oder Einzelne müssen, die bis jetzt ausgeführten Arbeiten zum Grunde legend, ausgezeichnete Lokalitäten speciell bearbeiten. So wird man das Detail der Mondformen immer genauer kennen lernen und über das Stattfinden von noch wahrnehmbaren Veränderungen entscheiden können, wovon man bis jetzt, trotz allem was darüber geschrieben worden, noch nichts weiss. Gelingt es, solche Veränderungen unzweifelhaft nachzuweisen, so wird man versuchen können ihren Ursachen und Veranlassungen nachzuforschen und so könnte man einst dahin gelangen, diejenigen Veränderungen, welche durch Naturkräfte hervorgebracht werden, von denen zu unterscheiden die das Werk lebender Wesen sind. Dies ist der einzige Weg, den die wissenshaftliche Forschung einschlagen kann — ein sehr langer und mühsamer, auf dem selbst im glücklichsten Falle erst späte Nachkommen an das Ziel gelangen werden — aber der auch jedenfalls zu fruchtbringenden Resultaten führen wird, selbst wenn man das, was man hauptsächlich sucht, nicht finden sollte. Denn die Selenographie kann nicht, wie die Geographie, vom Besondern und Einzelnen anfangen und zum Allgemeinen fortschreiten: sie muss den umgekehrten Weg einschlagen. In Bezug auf das Allgemeine ist sie der Geographie sogar voraus, denn wir haben keine Totalübersicht der Erde, die der an die Seite gesetzt werden könnte welche wir von der diesseitigen Mondhalbkugel besitzen.

§. 123.

In der That aber kann man — sobald man nur die Existenz lebender Wesen auf dem Monde annimmt — auch jetzt schon Einiges über sie angeben. Die scharfen Gegensätze zwischen Licht und Schatten, der Mangel eines vermittelnden Hell-

dunkels, der Dämmerungen und der den Strahl der Sonne mildernden Atmosphäre macht es nothwendig, dass die Sehwerkzeuge demgemäss eingerichtet sind. Der Mondbewohner bedarf mehr als Adleraugen, folglich hat er sie. — Die Tage und Nächte sind fast 30 mal länger als die unsrer Erde: wenn dort wie hier die Nächte zur Ruhe, die Tage zur Wirksamkeit bestimmt sind, so muss der Körper weit langsamer ermüden als bei uns, also in dieser Beziehung kräftiger, ausdauernder sein. — Die grosse Leichtigkeit mit welcher alle Bewegungen auf dem Monde hervorgebracht werden, wird sich auch in den Bewegungswerkzeugen der Bewohner aussprechen: wir z. B. würden uns bei einer um die Hälfte verminderten, wie bei einer um das Doppelte vermehrten Schwere sehr unbehaglich fühlen und unsre Muskeln dem neuen Verhältniss nicht mehr angemessen finden. — Ueber ihren Kalender und ihre Uhr, über das was sie am Himmel, und in welcher Folge sie es erblicken, ist schon oben die Rede gewesen, und vielleicht darf man es wagen die Erwartung hinzuzufügen, dass die schönste Sternwarte die das ganze Sonnensystem aufzuweisen hat, die jenseitige Halbkugel unsers Mondes, nicht mit den schlechtesten Astronomen besetzt sein werde. — Doch genug über einen Gegenstand, über den nur gar zu viel schon conjecturirt worden und der dadurch in einen Misskredit gekommen ist, von dem er sich in langer Zeit nicht wird erholen können.

Man wird es nicht unangemessen finden, dass dieser uns so nahe Weltkörper auch weit ausführlicher als die übrigen behandelt worden ist. Die in unsern Tagen erlangte genaue Kenntniss seiner allgemeinen wie seiner besondern Verhältnisse schien dazu aufzufordern. Wer sich gründlicher darüber belehren und die einzelnen Landschaften des Mondes gleichsam durchreisen will, dem wird die von *W. Beer* und mir herausgegebene Mondkarte und Mondbeschreibung dabei gute Dienste leisten könne.

Mars.

§. 124.

Dieser Planet steht in seiner mittlern Entfernung 1,523691 oder nahe 32 Mill. Meilen von der Sonne, seine grösste Entfernung ist 1,6657795 mit einer sekulären Vermehrung von 0,0001373; die kleinste ist 1,3816025 mit einer der vori-

gen entsprechenden sekulären Verminderung. Die Excentricität 0,0932528 verändert sich in einem Jahrhundert um 0,0000901. Seine Distanzen von der Erde können zwischen 7¾ und 55 Mill. Meilen wechseln.

Die Länge seines Perihels ist 333°6′38″,4 mit einer jährlichen tropischen Veränderung von 65″,68.

Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist 1°51′4″,7 mit einer sehr unbedeutenden jährlichen Veränderung von — 0″,013; der aufsteigende Knoten liegt in 48°16′18″,0 und rückt jährlich um 25″,00 tropisch vorwärts.

Die Mittelpunktsgleichung wächst auf 10°41′48″,4 mit einer jährlichen Zunahme von 0″,377.

Seine noch nicht scharf bestimmte Masse wird auf $^1/_{2680337}$ der Sonnenmasse, sein scheinbarer Durchmesser für mittlere Entfernung von der Erde (die hier gleich ist der mittlern von der Sonne) ist 5″8, er kann für uns bis 23″ wachsen und sich bis zu 3″,3 vermindern; der wahre Durchmesser ist 892 geographische Meilen. Hiernach ist seine Dichtigkeit 0,948 von der der Erde; die Schwerkraft, Fallhöhen, Pendellängen sind auf ihm grade halb so gross als bei uns. Seine Erleuchtung in mittlerer Entfernung ist = 0,43, allein sie kann bis 0,52 steigen und sich auf 0,36 vermindern.

Als oberer Planet kann er nie in untere Conjunction, dagegen aber in Opposition mit der Sonne kommen und die Zeit von einer Opposition zur andern beträgt 780 Tage. Um diese Zeit ist er rückläufig, welche Rückläufigkeit 62 bis 81 Tage währen kann; während des ganzen übrigen Theils seines synodischen Umlaufs ist er dagegen rechtläufig.

Ein vollständiger Gyclus von Phasen, wie sie der Mond, Mercur und Venus darbieten, kann für Mars nicht stattfinden, da in dem Dreieck Erde Sonne Mars die dem Mars gegenüberliegende Seite (Erde Sonne) stets kleiner ist als die der Erde gegenüberliegende, folglich der Winkel an Mars stets ein spitzer ist. Mars erscheint also jedenfalls mehr als halb erleuchtet, und der unerleuchtete Theil ist im äussersten Falle nicht breiter als beim Monde 4 Tage vor oder nach der Opposition, so dass es überhaupt nur bei starken Vesgrösserungen deutlich wird, dass ihm eine kleine Sichel fehle.

Nach der Stellung zur Erde würde Mars, wie bereits erwähnt, zu den obern Planeten gehören. In objectiver Hinsicht ist eine andre Eintheilung richtiger, welche 3 Planetengruppen setzt, die untere, mittlere und obere, oder besser innere, mitt-

lere, äussere Gruppe. Zur erstern würden Mercur, Venus, Erde, Mars gehören, sämmtlich mässig gross, dicht, sonnennahe, fast oder ganz kugelförmig, mit einer einzigen Ausnahme mondlos, von nahe 24 stündiger Umlaufszeit. Sie haben ausser den angegebenen Bestimmungen, noch manches Andre mit einander gemein, so viel wir über ihre physische Beschaffenheit zu urtheilen im Stande sind. — Die zweite Gruppe enthält die sehr kleinen Planeten mit stark geneigten, sehr excentrischen, grossen Störungen unterworfenen Bahnen von nahe gleicher Umlaufszeit, in einander verschlungen und selbst ihre Rangordnung zuweilen wechselnd, wozu ausser den 4 bekannten Asteroiden auch noch die beiden Cometen von kurzer Umlaufszeit kommen. In die dritte Gruppe endlich gehören die grossen, wenig dichten, stark abgeplatteten, schnell rotirenden, monden- und ringreichen Planeten von Jupiter an. Bei dieser Eintheilung, welche auf innere Uebereinstimmung basirt ist, kommt der zufällige Umstand dass wir grade den dritten der elf Hauptplaneten bewohnen, nicht weiter in Betracht,

Mars körperlicher Inhalt hält (eben so wie Durchmesser und Oberfläche) das geometrische Mittel zwischen Erde und Mond; er ist 7 mal kleiner als jene, und 7 mal grösser als dieser. Ihm selbst fehlt ein Mond, oder dieser müsste von einer Kleinheit sein wie kein andrer Weltkörper. Hätte ein Marsmond auch nur 5 Meilen Durchmesser, er könnte uns in günstigen Oppositionen nicht verborgen bleiben.

§. 125.

Er ist derjenige Weltkörper der unsern grossen *Kepler* zuerst auf die richtige Vorstellung von der elliptischen Gestalt der Planetenbahnen geführt hat. In der That war, zumal bei den unvollkommenen Beobachtungen welche *Kepler* benutzen konnte, kein Planet hierzu geeigneter, nicht allein wegen der bedeutenden Excentricität, sondern auch wegen der geringen Entfernung von der Erde, daher bei keinem andern Hauptkörper unsers Systems die Abweichungen der elliptischen Bahn von dem bis dahin angenommenen excentrischen Kreise so deutlich hervortreten konnten. Auch haben wir durch ihn, bevor die Venusdurchgänge (§. 92.) von 1761 und 1769 stattfanden, eine so nahe mit der Wahrheit übereinstimmende Sonnenparallaxe erhalten als keine andre Methode gegeben hatte. Im Jahre 1755 beobachteten *la Caille* am Cap der guten Hoffnung und *Wargantin* in Stockholm den Mars, als er für einige Erdorte einen Fixstern bedeckte. *Wargentin* fand ihn einige Sekunden süd-

lich, *la Caille* dagegen etwas nördlich von jenem Sterne und sie schlossen hieraus, dass die Sonnenparallaxe 10¼ Sekunde betrage, was beiläufig auf 17 Millionen Meilen Entfernung der Sonne führte. Die früher angewandten Methoden hatten, wenn sie überhaupt etwas ergaben, stets eine kleinere Entfernung der Sonne herausgebracht. Und noch jetzt ist diese Methode nicht ganz bei Seite gesetzt. *Henderson* und *Maclean* am Cap haben im Verein mit Grenwich und andern Sternwarten Europa's neuerdings den Mars mit Fixsternen verglichen um die Sonnenparallaxe abzuleiten, was bei häufiger Wiederholung (denn zwischen 2 Venusdurchgängen fallen gegen 50 Marsoppositionen) vielleicht zu einem eben so scharfen Resultat als dem aus 1769 gefolgerten und folglich zu einer hier sehr wünschenswerthen Controlle führen kann.

§. 125.

In den Oppositionen glänzt Mars ziemlich stark mit einem rothen Lichte, das sogar dem freien Auge noch bestimmter als im Fernrohr sich ausspricht. In letzterm bemerkt man zwar zuweilen röthliche Flecke, allein im Ganzen ist dennoch der Eindruck des Gelben vorherrschend, freilich nicht in dem Maasse wie bei Jupiter. In der Erdnähe, besonders wenn die Opposition des Mars mit seinem Perihel nahe zusammentrifft (was beiläufig alle 15 Jahre geschieht in welcher Zwischenzeit sich sieben Oppositionen ereignen) kann man durch gute Fernröhre Flecke verschiedner Art auf ihm wahrnehmen. Am auffallendsten sind zwei weisse sehr stark glänzende Flecke, die ganz oder doch nahe die beiden Pole der Kugel bezeichnen und abwechselnd grösser und kleiner werden, je nachdem der betreffende Pol sich seinem Winter oder seinem Sommer nähert. Stets erscheint dieser weisse Fleck (gewöhnlich sieht man nur einen an dem uns zugewandten Pole) gegen die übrige Kugel scharf begrenzt. *Maraldi* war 1716 der erste der diese Flecke wahrnahm, und sie sind seitdem von allen, die Mars aufmerksam beobachteten, bemerkt worden. Auch andre Flecke von verschiedner Färbung und Intensität zeigen sich auf der Scheibe (vgl. die Marsfiguren auf Taf. IV, V, VI etc.) und ihre schon in kurzer Zeit merkliche Fortrückung zeigt bald, dass Mars eine Rotation habe die in gleichem Sinne wie die der Erde und der übrigen Planeten, nämlich von W nach O, vor sich geht. *Herschel* war der erste, der sich mit der Bestimmung dieser Periode und der übrigen Rotationselemente längere Zeit gründlich beschäftigte, und aus seinen von 1777 — 1781 angestellten

Beobachtungen ergiebt sich eine Umdrehungszeit von $24^h\,39'\,21''$ die Neigung des Aequators gegen die Bahn von $28°\,42'$ und den aufsteigenden Knoten desselben hatte *Cassini* $24^h\,40'$, *Huth* in Manheim $24^h\,43'$ gefunden, aus *Kanowsky's* in den Jahren 1821 und 22 angestellten Beobachtungen folgt $24^h\,36'\,30''$. Es schien dass diese Resultate sich weiter von einander entfernten als die mögliche Genauigkeit der Beobachtungen gestattete, deswegen unternahmen *W. Beer* und der Verf. gemeinschaftlich eine neue Bestimmung. Wir erhielten

aus Beobachtungen vom 14. Septbr. bis 20 Octbr. 1830 $24^h\,37'\,10''$

aus der Verbindung dieser Beobach. mit denen von 1832 24 37 23.7 (die sicherste)

und diese abermals mit 1837 verbunden 24 37 20,4.

Auch 1828, 1835 und 1839 hatten wir den Planeten beobachtet, doch eignen sich diese letztern Oppositionen weniger zur Rotationsbestimmung. Das Marsjahr hat nach unsrer Bestimmung grade einen Tag mehr als nach *Herschel*, und wenn man diesen Unterschied berücksichtigt, so folgt aus den *Herschel*schen Beobachtungen, genau reducirt, eine von der unsrigen nur um $2\frac{1}{2}$ Sekunde sich entfernende Periode.

Die herausgebrachte Rotation ist die Länge eines **Sterntages**, der Ueberschuss des Sonnentages beträgt für Mars $2'\,12'',0$; der Sonnentag selbst folglich $24^h\,39'\,35'',7$, und so besteht das Jahr des Mars aus $668\frac{1}{3}$ seiner Tage (jedes dritte Jahr kann man als ein Schaltjahr von 669 Tagen ansehen). Hievon fallen

von der Frühlingsnachtgleiche (der Nordhalbkugel) bis zum Sommmersolstitium (Frühling im N; Herbst im S.)	191 Tage	372 Tage
von da bis zur Herbstnachtgleiche Sommer im N; Winter im S.)	181 Tage	
von dieser bis zum Wintersolstitio Herbst im N; Frühling im S.)	$149\frac{1}{3}$ Tg.	$296\frac{1}{3}$ Tg.
von da bis zur Frühlingsnachtgleiche Winter im N; Sommer im S.)	147 Tage	

Da sich nun aber die Stärke des Sonnenlichts im nördlichen Sommersolstitio zu der im südlichen wie 20 : 29 verhält (in Folge der starken Excentricität der Bahn) so folgt, dass der Süden im Sommer eine **kräftigere**, der Norden dagegen eine **länger dauernde** Wärme geniesse, dass dagegen

im Winter die Südhalbkugel in beiden Beziehungen im Nachtheil steht. Also:

Nordhalbkugel: Langer gemässigter Sommer, kurzer milder Winter.

Südhalbkugel: Kurzer heisser Sommer, langer strenger Winter.

Wir würden auf unsrer Erde Aehnliches bemerken, wenn die Excentricität nicht so unbedeutend wäre. Auch bei uns sind Frühling und Sommer der Nordhalbkugel etwa 7 Tage länger, als in der südlichen; und die Extreme beider Jahrszeiten müssen, so weit es vom Sonnenstande abhängt, im Süden etwas weiter auseinander liegen: allein beides wird unmerklich und verschwindet im Vergleich zu andern, rein physischen Differenzen, die von der Bodengestaltung und der Vertheilung der Landmassen abhängen.

Anders dagegen auf Mars. Der erwähnte weisse Fleck, der wechselsweise im Norden und im Süden gesehen wird, verändert seine Ausdehnung beträchtlich; er zeigt dies sowohl wenn man die Beobachtungen einer einzelnen Opposition unter sich, als auch wenn man die in verschiednen Jahren gemachten mit einander vergleicht. Da wir aus der oben angegebenen Axenstellung berechnen können, welcher Erden-Jahreszeit eine gewisse Stellung des Mars analog sei so gebe ich im Folgenden die von uns angestellten Beobachtungen über die Ausdehnung des Flecks.

Tag. d. Beob.	Entsprechende Jahresz.	Halbkugel.	Ausdehnung des Flecks i. Marsgrad.
1830 Aug. 31.	Dec. 16.	S.	13° 46′
— Sept. 10.	— 23.	S.	11 30
— — 15.	— 26.	S.	7 10
— Octb. 2.	Jan. 7.	S.	6 20
— — 5.	— 9.	S.	5 46
— — 20.	— 19.	S.	8 2
1837 Jan. 12.	Mai 4.	N.	32 24
— März 7.	Juni 4.	N.	28
1839 Febr. 26.	— 17.	N.	22 54
— April 1.	Juli 4.	N.	18 24
— April 16.	— 12.	N.	15 20
— Mai 1.	— 20.	N.	18 0

Alle diese Beobachtungen betreffen den Sommer, und es ist klar dass der in seinem Winter stehende Pol uns abgewandt und verborgen ist, dass also ein Polarfleck, wenn er dennoch

sichtbar werden soll, sich sehr weit abwärts vom Pole erstrecken müsse. Am 7. und 18. März 1837, vielleicht auch schon am 7. Febr., war eine matte, doch sichre Spur eines weissen Lichtes am südlichen Rande der Scheibe sichtbar. Nimmt man an dass es nur $\frac{1}{2}$ Sekunde breit gewesen (wohl die geringste, bei der es sich noch merklich machen kann) so folgt dass es sich bis zum 55° S. B. forterstreckt habe, dass also sein Durchmesser (diese Breite rings herum angenommen) 70° betragen habe. Dagegen ist 1830 und 1832, wo die Nordhalbkugel in ihrem Winter stand, nichts von einem solchen Lichte wahrgenommen worden, obgleich die grössere Nähe des Mars in diesen beiden Oppositionen die Sichtbarkeit hätte begünstigen müssen.

Vergleicht man diese Data so ergiebt sich, dass die Flecke beider Pole wechselsweise sich verengern und erweitern, dass die Jahreszeit, wo die Durchmesser der Flecke in ihren Minimo stehen, mit der Mitte des Juli und resp. Januar unsrer Erde übereinstimmt, endlich dass der Südpolfleck sich in viel engere Grenzen zusammenzieht, dagegen auch im Winter viel weiter sich ausdehnt, als der gegenüberstehende Nordpolfleck.

Und dies stimmt auf eine wahrhaft überraschende Weise genau mit dem Jahreszeitverhältniss des Mars überein, was wir oben betrachtet haben, wenn wir annehmen, dass wir in diesen glänzendweissen Flecken einen Winterniederschlag erblicken. Die Farbe führt am natürlichsten auf Schnee, und schon frühere Beobachter haben deshalb diesen Flecken den Namen Schneezonen gegeben. Wenigstens ist auf unsrer Erde nichts zu finden was in grossen Massen einen so blendenden Glanz veranlassen könnte, als die Schneegürtel unsrer Pole. Auf keinem der andern Planeten gewahren wir so scharf kontrastirende Flecke, und ich entsinne mich einer Beobachtung im J. 1837, wo Mars hinter Gewölk verschwunden war, der weisse Fleck aber dennoch im Fernrohr sichtbar blieb und wie ein Fixstern das Gewölk durchbrach.

§. 126.

Wenn wir auf Mars einen unserm Schnee analogen Winterniederschlag annehmen, so folgt von selbst dass wir auch eine Atmosphäre setzen müssen, welche Dünste aufnimmt und wieder fahren lässt: das wirkliche Vorhandensein einer solchen geht am entschiedensten aus der Wahrnehmung hervor, dass die übrigen Flecke der Kugel nur darin ziemlich deutlich erscheinen, wenn sie in den mittlern Gegenden der Scheibe ste-

hen, dass sie aber unkenntlich werden oder ganz verschwinden, wenn sie sich dem Rande nähern. Die Ansicht der auf den Tafeln enthaltenen Marszeichnungen wird dies anschaulich machen, um dies noch bestimmter beurtheilen zu können setze ich hier die Beobachtungszeit her.

1830.

1.	Septbr.	10.	9^h	30′	heiter
2.	—	14.	10	—	etwas dunstig.
3.	—	—	11	—	heiter.
4.	—	—	15	15	tiefer Stand.
5.	—	15.	8	50	
6.	—	19.	10	6	sehr heiter. 2 rothe Flecke.
7.	—	—	11	55	wallende Ränder.
8.	—	24.	10	38	der Durchbruch zwischen beiden Hauptflecken deutlich.
9.	—	—	11	41	deutlich begrenzte Flecke.
10.	—	27.	10	30	
11.	Octbr.	1.	9	10	Grosse Deutlichkeit. In der Nordhalbkugel keine Spur eines Flecks.
12.	—	—	11	45	
13.	—	13.	8	23	
14.	—	14.	7	37	kurze Zeit heiter.
15.	—	19.	8	13	Sehr heiter.
16.	—	20.	10	20	

1832.

1.	Novbr.	20.	8	53′	Südpolfleck deutlich.
2.	—	23.	8	18	
3.	Decbr.	16.	6	32	
4.	—	—	11	4	

Im J. 1835 gelangen keine Zeichnungen, wegen grosser Entfernung des Mars und sehr ungünstiger Witterung.

1837.

1.	Januar	12.	9^h	57′	die rechte Seite der Kugel heller
2.	—	—	10	27	
3.	Febr.	5.	8	10	roth in der Mitte.
4.	—	—	9	17	
5.	—	—	10	49	
6.	—	7.	16	14	Heiter. Am Südrande scheint weisses Licht zu sein.
7.	—	—	17	16	
8.	—	8.	7	15	
9.	—	—	11	32	
10.	—	11.	7	40	
11.	—	12.	9	9	

12.	Febr.	22.	10^h	0′	
13.	—	22.	11	18	
14.	—	28.	6	49	sehr gute Beobachtung.
15.	März	7.	8	7	sehr gute Beobachtung.
16.	—	—	10	24	am Südrande weisses Licht.
17.	—	11.	8	22	
18.	—	15.	7	2	
19.	—	18.	7	56	weisses Licht am Südrande.
20.	—	22.	7	19	

1839.

1.	Febr.	26.	10^h	11′	
2.	März	12.	9	16	roth im Westen
3.	—	14.	9^h	9′	roth in der Mitte.
4.	—	26.	7	45	
5.	April	4.	9	15	
6.	—	9.	7	37	desgl.
7.	—	10.	7	28	desgl.
8.	—	16.	7	48	
9.	—	—	8	5	
10.	—	—	11	45	

Am deutlichsten zeigen sich die Flecke stets da, wo das Sonnenlicht unter dem grössten Winkel einfällt, also in der Sommerhalbkugel. Ob athmosphärische Trübungen uns hindern die der Winterseite eben so gut zu sehen oder ob es blos vom Einfallswinkel direkt abhängt lässt sich nicht entscheiden. Die schwärzesten und massenhaftesten Flecke zeigen sich in der Südhalbkugel zwischen 20° und 40° Breite. In den übrigen Gegenden sind sie viel mehr verwaschen, auch meist so matt dass es sehr günstiger Umstände bedarf über sie zur Gewissheit zu gelangen. 1837 zeigte sich zunächst am weissen Polarfleck eine schwarzdunkle Zone, die aber nach der Aequatorseite zu keine bestimmte Grenze hatte, wiewohl sie sich an einigen Stellen knotenartig vergrössert und verdichtet zeigte. (Die Jahreszeit harmonirte mit dem Anfang unsers Mai). Im J. 1839 war diese schwärzliche Zone weit matter und unbestimmter und zeigte sich nur an einzelnen Stellen deutlich. (Jahreszeit unserm Juli gleich). Es rührt dies höchstwahrscheinlich vom schmelzenden Schnee her, der im hohen Sommer schon besser abgedunstet war als in der Mitte des Frühlings. — Die röthlichen Stellen, welche einigemal wahrgenommen wurden, zeigten sich meist in den Gegenden welche auf mehrern Seiten von schwarzen Flecken begrenzt waren: sie

hatten Aehnlichkeit mit einem sanften Abendrothschimmer auf der Erde.

Schröter will auch Flecke auf der Marskugel beobachtet haben die ihren Ort selbst veränderten, und er vermuthet dass es wolkenähnliche Verdickungen waren die von Winden getrieben wurden. Wir haben dergleichen freilich nie wahrgenommen, indess würde dies kein Widerspruch gegen jene Schlussfolge sein. Nur die grosse Raschheit dieser Bewegungen (40 bis 60 mal stärker als die unsrer Stürme) dürfte Zweifeln unterliegen, denn wenigstens *Schröters* Instrumente waren nicht darauf eingerichtet, so subtile Beobachtungen möglich zu machen auf eine vor jeder Täuschung gesicherte Weise. Wo sich eine Atmosphäre befindet und Schnee niederschlägt, wo Jahreszeiten mit einander abwechseln, wird es auch nicht an Wolken und Winden fehlen, allein da selbst in der grössten Erdnähe des Mars eine Bogensekunde gegen 40 Meilen umfasst, so wird eine Bewegung, die von der Rotationsbewegung verschieden und uns wahrnehmbar ist, eine sehr rasche sein müssen.

An Bergschatten ist bei den erwähnten Flecken übrigens nicht zu denken. Mars müsste uns wenigstens bis auf 1 Million Meilen nahe kommen und seine Phase weit beträchtlicher sich verändern, wenn Berge wie die des Mondes oder der Erde sich selbst im stärksten Fernrohr durch ihre Schatten verrathen sollten und alsdann würden wir diese doch nur längs der Lichtgrenze, nicht in den Mittelgegenden der Scheibe sehen. Weit wahrscheinlicher ist eine andre Vermuthung, dass der Gegensatz des Dunklen und Hellen sich auf den zwischen Oceanen und Continenten bezieht. Könnten wir die Erde aus grossen Fernen betrachten, so würden die Meere, die grossen Urwälder, die Sumpfstrecken, verglichen mit den Sandwüsten, Gebirgen, angebauten Gegenden u. s. w. ähnliche Kontraste der Färbung erzeugen. — Gebirgsartige Ungleichheiten mag dieser Planet allerdings haben, nur sie von der Erde aus wahrzunehmen wenn sie nicht 20 und mehr Meilen hoch sind, ist nie zu erwarten.

§. 127.

Die Ungleichheit der Tage und Nächte ist bei Mars bedeutender als bei der Erde, die Dauer der Dämmerung aber wahrscheinlich etwas kürzer, theils wegen des kleineren Sonnendurchmessers (19′, 5 bis 23′, 9, während er für die Erde auf 32′ steigt) und auch wohl weil seine Atmosphäre wahrscheinlich dünner ist als die unsrige, da sich diese — caeteris pa-

ribus — nach der Schwere an der Oberfläche richten wird. Nachstehende Uebersicht vergleicht seine längsten und kürzesten Tage mit denen unsrer Erde; das Zeitmaass für beide sind Erdenstunden.

	Kürzester Tag.		Längster Tag.	
	Mars.	Erde.	Mars.	Erde.
Aequator	$12^h\ 26'$	$12^h\ 6'$	$12^h\ 26'$	$12^h\ 6'$
Breite 5°	12^h 7	11 53	12 45	12 20
10	11 47	11 38	13 6	12 35
15	11 24	11 22	13 29	12 51
20	10 59	11 5	13 55	13 9
25	10 31	10 45	14 22	13 30
30	10 0	10 20	14 53	13 55
35	9 25	9 52	15 30	14 25
40	8 44	9 19	16 13	15 0
45	7 56	8 43	17 5	15 38
50	6 59	8 2	18 7	16 21
60	3 9	5 49	23 2	18 50
70	—	—	169 Marst.	69 Erdent.
80	—	—	259 —	133 —
90	—	—.	338 —	187 —

Für die Strahlenbrechung ist hier bei Mars und Erde dasselbe Verhältniss angenommen welches für die Durchmesser beider Körper statt findet.

Die vier kleinen Planeten.

§. 128.

Die vier kleinen Planeten, welche eine besondre Gruppe zwischen Mars und Jupiter bilden, waren den frühern Jahrhunderten gänzlich unbekannt, wie denn überhaupt die Alten von den meisten und wichtigsten Entdeckungen der Astronomie auch nicht die entfernteste Ahnung hatten. *Bode* äusserte 1772: es scheine dass der Raum zwischen den Bahnen des Mars und Jupiter verhältnissmässig zu gross sei, und es lasse sich, wenn man in der Entfernung von 2,8 Erdhalbmessern einen Planeten gedenke, eine regelmässige Progression von Mercur aus verfolgen, in welcher jeder Planet etwa doppelt so weit von seinem Vorgänger abstehe, als dieser von dem seinigen. Diese Ansicht gewann eine Bestätigung durch die Entdeckung des Uranus, der zwar die Lücke nicht ausfüllte, aber die Progressio-

um ein Glied vermehrte und sich im Allgemeinen in die Regel fügte. Ein Schreibfehler im *Wollaston*schen Sternverzeichniss, dessen sich *Piazzi* bediente und das er am Himmel berichtigen wollte, ward zufällig Veranlassung zur Entdeckung eines neuen und die Lücke ergänzenden Weltkörpers.

Ceres.

§. 128.

Am 1. Januar 1801 (ein würdiger Anfang des Jahrhunderts!) erblickte *Joseph Piazzi* zu Palermo in Sicilien im Sternbilde des Widders einen kleinen Stern, der seinen Ort gegen die übrigen merklich veränderte und folglich unserm Sonnensystem angehören musste. Er hielt ihn Anfangs für einen Kometen, verfolgte ihn bis eingetretene schlechte Witterung und eine gefährliche Krankheit die weitere Beobachtung unthunlich machten und gab dem Prof. *Bode* in Berlin, so wie andern Astronomen, von seiner Entdeckung Nachricht. *Bode* glaubte zu finden dass die Beobachtungen mit einer Kometenbahn nicht wohl vereinbar seien und vermuthete demnach, dass es der zwischen Mars und Jupiter bisher vermisste Planet sein möge. Genauere Untersuchungen, welche namentlich *Gauss* mit grossem Scharfsinn und Eifer ausführte, bestätigten *Bode's* Meinung von der planetarischen Natur der Bahn dieses Weltkörpers, und der Entdecker gab dem neuen Planeten den Namen Ceres.

Doch die allgemeine Freude über den glücklichen Fund sollte einstweilen wieder getrübt werden — weder *Piazzi* noch ein andrer Astronom vermochte, trotz des eifrigsten Nachsuchens, den Planeten wieder aufzufinden. Man erschöpfte sich in Muthmaassungen, combinirte *Piazzi's* Beobachtungen auf alle mögliche Weise, aber der Himmel schwieg und schon fürchtete man die Zahl der grossen Entdeckungen wieder um eine vermindert zu sehen, als es endlich dem unermüdlichen *Olbers*, am Jahrestage der Entdeckung (1. Jan. 1802) gelang, die Ceres wieder aufzufinden. Ihre planetarische Natur konnte nun bald ausser allen Zweifel gesetzt ihre Bahnelemente festgestellt, und ihr Ort am Himmel, gleich denen der übrigen Planeten, festgestellt werden.

Ceres ist ein Planet von so geringem scheinbaren Durchmesser, dass es bis jezt noch nicht gelungen ist ihn auch nur einigermaassen zu bestimmen, und die Angaben, die man über

ihn in manchen Werken findet, haben ganz und gar keine Wahrscheinlichkeit für sich. In seinem Ansehen unterscheidet er sich nicht von einem teleskopischen Fixstern der 7 — 9 Grösse, so dass nur genaue Ortskenntniss vor der Verwechslung mit einem solchen schützen kann. Er ist von keiner Nebelhülle umgeben, wie es noch immer hin und wieder heisst; denn die welche sich in den *Schröter*schen Teleskopen bei ihm wie bei den andern neuen Planeten anfangs zu zeigen schien, mag wohl auf eine optische Täuschung zurückzuführen sein.

Die Elemente der Ceres, so wie der übrigen kleinen Planeten, haben eine etwas verschiedene Bedeutung von denen der älteren. Bei letzteren sind es die rein elliptischen des Umlaufs um die Sonne, wie er, befreit von den Störungen, stattfinden würde und durchschnittlich für gegenwärtige Zeit auch wirklich stattfindet. Bei den 4 kleinen Planeten dagegen sind es diejenigen Elemente, die dem jedesmaligen Orte und der Bewegung entsprechen, also schon mit Inbegriff der Störungen. Während also die Elemente der ältern Planeten (bis auf die sogenannten sekulären Aenderungen constant) sind, ändern sich die der neuern in jedem Punkte der Bahn. Es ist möglich dass dieser Unterschied, da er nicht sowohl in der Sache selbst als in der von uns angewandten Berechnungsform seinen Grund hat, einst aufgehoben wird, wenn die Theorie der Störungen eine grössere Vollendung als gegenwärtig erreicht hat. Die starken Neigungen und Excentricitäten ihrer Bahnen und ihre Stellung gegen den übermächtigen Jupiter bewirkt nämlich, dass bei ihnen die Störungen nicht allein viel ansehnlicher, sondern auch viel verwickelter sind als bei den übrigen Planeten, und dass die für die letztern gewählte Form der Berechnung bei jenem nicht ausreicht.

Die hier gegebenen Daten gelten also für den 23. Juli 1831 und schliessen alle Störungen bis zu diesem Zeitpunkt ein. Sie sind ohne die säkulären Aenderungen angegeben, denn diese lassen sich für die neuen Planeten noch gar nicht von den übrigen sondern.

Die mittlere Entfernung von der Sonne ist 2,77091 oder nahe 57 Millionen Meilen; die Excentricität 0,0767378, so dass ihre Entfernung von der Sonne zwischen $52\frac{1}{2}$ und $61\frac{1}{2}$ Mill. Meilen schwankt, und ihre Entfernung von der Erde zwischen 32 und 82 Millionen. Die Sonnennähe liegt in 147° 41′ 23″, 5; sie erreicht also den kleinsten Abstand von der Erde, wenn ihre Opposition gegen den 16. Februar erfolgt. — Die Nei-

gung der Bahn ist 10° 36′ 55″, 7, und der aufsteigende Knoten liegt in 80° 53′ 49″, 7. Die der angegebenen Entfernung entsprechende siderische Umlaufszeit ist 4 Jahre; 223 T. 17^h 38′; die tropische 4 J. 223 T. 10^h 25′. Die Zwischenzeit von einer Opposition zur andern, oder die synodische Umlaufszeit, ist 1 J. 101 T. 3^h.

Von der Sonne wird sie durchschnittlich 7 $^2/_3$ mal (nämlich zwischen 6 $^1/_2$ und 9 mal) scwächer erleuchtet als die Erde. — Von seiner Umdrehungszeit, der Lage seiner Axe, seiner etwanigen Abplattung, Beschaffenheit seiner Oberfläche und dgl. wissen wir Nichts. Schon der höchst geringe Durchmesser lässt auf eine sehr kleine Masse schliessen, dies erhält eine Bestätigung dadurch, dass die Beobachtungen uns noch nichts von einer Wirkung dieser Masse auf die Bewegungen andrer Weltkörper gezeigt haben. Als höchst wahrscheinlich kann man es ansehen dass er keinen Mond habe; kleiner als unser eigener und alle übrigen bekannteren Monde, würde er schwerlich im Stande sein einen solchen in seiner Bahn zu erhalten.

Wenn unsre Kenntniss dieser Körper in manchen wesentlichen Beziehungen eine mangelhafte ist und es wohl immer bleiben wird; wenn die Berechnung ihres Laufs weit grössere Schwierigkeiten darbietet als bei den älteren Planeten, ohne gleichwohl eine ähnliche Genauigkeit zu gewähren, so sind doch andrerseits Ceres und die übrigen kleinen Planeten das Mittel und die Veranlassung geworden, nicht allein die störenden Massen, namentlich die des Jupiter, genauer kennen zu lernen und zugleich sich zu überzeugen, dass Jupiter ausserhalb seines Systems in gleichem Sinne wirke als innerhalb desselben (mit andern Worten), dass die Anziehung allgemein der Masse proportional sei; sondern auch die Störungsformeln selbst schärfer zu entwickeln und von verschiedenen Gesichtspunkten aufzufassen. Diese Vortheile werden in der Zukunft gewiss in noch höherm Grade als bisher hervortreten, freilich aber nur wenig von denen gewürdigt werden, welche die Kenntniss der Planetenbewohner und ihrer Lebensweise als das letzte und höchste Ziel der Astronomie zu betrachten sich gewöhnt haben.

Pallas.

§. 129.

Der Wiederentdeckung der Ceres folgte rasch eine andre, die der Pallas von *Olbers* in Bremen am 28. März 1802. Sie

ist der Ceres sehr ähnlich und kann gleichfalls nur mit bewaffneten Augen wahrgenommen werden. Sehr unerwartet war die Entdeckung eines Planeten der fast in derselben Entfernung und Umlaufszeit wie Ceres um die Sonne kreiset. Die beiderseitigen mittlern Entfernungen sind (gegenwärtig) nur um 35000 Meilen und die Umlaufszeiten um 1 ½ Tag verschieden und zwar beide bei Pallas grösser; da nun die Störungen, welche beide erleiden, diese Unterschiede weit übersteigen so wird einst Pallas und Ceres in dieser Beziehung ganz gleich stehen und ein andresmal Ceres das Uebergewicht haben. — Aus diesem Grunde und weil die mittlere Entfernung aller 4 Planeten nicht sehr verschieden ist, habe ich bei ihrer Darstellung die historische Ordnung der astronomischen vorgezogen und sie nach der Zeitfolge ihrer Entdeckung auf einander folgen lassen.

Die siderische Umlaufszeit der Pallas ist 4 J. 225 T. 7^h 19′; die tropische 4 J. 225 T. 0^h 4′; die synodische 1 J. 101 T. 0^h.

Die mittlere Entfernung der Pallas ist 2,77263 oder 57 Mill. Meilen, die Excentricität 0,241998, so dass die kleinste Entfernung zur grössten sich nahe wie 3:5 verhalten: sie werden nämlich 2,10166 und 3,44360 oder nahe 43 und 71 Millionen Meilen, und in Beziehung auf die Erde schwanken die Distanzen zwischen 24 und 91 Millionen. Das Perihelium liegt in 121° 5′ 0, 5 und die angegebene kleinste Distanz tritt also ein wenn Pallas am 21. Januar in die Opposition kommt, so wie die grösste, wenn die Conjunction am 23. Juli stattfindet. — Die Neigung der Bahn ist unter allen planetarischen bei weitem die stärkste: sie beträgt 34° 35′ 49″, 1 und der aufsteigende Knoten liegt in 172° 38′ 29″, 8. Auch gegen die Ceresbahn ist sie sehr stark geneigt, wäre dies nicht der Fall so würden beide Planeten einander zuweilen sehr nahe kommen oder selbst auf einander treffen; eben so würden sie, da ihre Umlaufszeiten sich so wenig unterscheiden, eine lange Zeit nahe hinter einander her laufen. Die scheinbare Grösse wechselt, selbst in den Oppositionen, sehr stark, da es deren geben kann wo Pallas 51 Millionen Meilen von der Erde entfernt bleibt. *Lamont* in München hat es versucht, durch seinen Riesenrefraktor den Durchmesser zu bestimmen, er findet ihn für mittlere Entfernung 0″, 55 was auf einen wahren von 145 geogr. Meilen führt. Indess ist er gewiss eher zu gross als zu klein, und die auf frühere Schätzungen beruhenden Werthe

nahe 12, im Flächeninhalt 140 und im cubischen 1670 mal kleiner als unsre Erde oder etwa 34 mal kleiner als unser Mond. Von der Sonne wird er in der kleinsten Distanz $4\frac{1}{4}$ mal, in der grössten 12 mal schwächer erleuchtet als die Erde. Jedenfalls findet auf ihm also ein bedeutender Jahreszeitenwechsel statt, nur dass wir, da wir die Lage seiner Rotationsaxe nicht kennen, hierüber keine näheren Bestimmungen zu geben im Stande sind. Wenn sein Aequator, wie dies bei Jupiter der Fall ist, mit der Ebene seiner Bahn nahe zusammenfällt, so hängen die Jahreszeiten allein von der Excentricität ab, und der ganze Planet hat gleichzeitig Winter in der Sonnenferne und Sommer in der Sonnennähe und findet hingegen eine merkliche Neigung statt, so lassen sich mehrere Fälle gedenken. Man nehme z. B. an, der aufsteigende Knoten des Aequators liege 90° vom Perihel nach Westen, so hat die Nordhalbkugel im Winter eine nahe aber tiefstehende, im Sommer eine entfernte aber dem Zenith nähere Sonne, in beiden Jahrszeiten also Ausgleichung bis auf einen gewissen Punkt, und es wird eine Zone ausserhalb des Aequators geben, in welcher der Jahreszeitenwechsel Null ist. Die Südhalbkugel dagegen hat im Winter eine entfernte und tiefstehende, im Sommer eine nahe und höher steigende Sonne, folglich eine Summation der Wirkungen, welche Neigung und Excentricität jede für sich erzeugen, d. h. sehr extreme Jahrszeiten. — Man nehme zweitens an, der aufsteigende Knoten des Aequators liege im Perihel der Planetenbahn. Alsdann haben beide Halbkugeln einen etwa gleich warmen Sommer, der aber auf der nördlichen Halbkugel erst lange nach dem Aequinoctio beginnt und weit über die Herbstnachtgleiche hinaus dauert, in der Südhalbkugel schon vor der Frühlingsnachtgleiche anfängt und bald nach dem Solstitio schon dem Herbste Platz macht. Man ändre die Lagen noch auf andre Weise, so werden Jahreszeitenverhältnisse sehr verschiedner Art erscheinen, in keinem einzigen aber können sie ein solches Alterniren wie auf unsrer Erde darstellen d. h. die wärmste Zeit der Nordhalbkugel kann nicht mit der kältesten der Südhalbkugel zusammenfallen, und umgekehrt.

Ungemein gering muss die Schwere auf diesem Weltkörper sein. Setzen wir seine Dichtigkeit der der Erde gleich, so ist sie 12 mal geringer als bei uns, und 100 Pfd. sind dort nur $8\frac{1}{3}$; die Fallhöhe ist $1\frac{1}{4}$ Fuss, die Pendellänge 3 Zoll. Diese Annahme ist aber vielleicht noch zu stark, da die meisten Planeten eine geringere Dichtigkeit als unsre Erde haben. —

Pallas ist wahrscheinlich der grösste der kleinen Planeten, die Schwerkraft und was davon abhängt, dürfte also auf diesen noch geringer sein.

Juno.

§. 130.

Die Entdeckungen neuer Planeten folgten einander in den ersten Jahren unsers Jahrhunderts ziemlich rasch. *Harding* in Lilienthal entdeckte die Juno bei Gelegenheit der Anfertigung seines Fixsternkatalogs, am 1. Septbr. 1804. Auch sie weicht im Ganzen nicht viel von Ceres und Pallas in Bezug auf die mittlere Entfernung ab, welche 2,66946 oder 55 Mill. Meilen beträgt. Ihre Excentricität, die stärkste aller planetarischen, ist = 0,255560, und die beiden Extreme der Entfernung sind 1,98725 und 3,35167, oder 41 und 69 Mill. Meilen. In Beziehung auf die Erde sind diese Grössen 21 und 90 Mill. Meilen. Das Perihelium liegt in 54° 17′ 12″, 7, die kleinste Entfernung also findet statt, wenn Juno am 16. Nov. in Opposition steht. Die Neigung der Bahn beträgt 13° 2′ 10″, 0 und der aufsteigende Knoten liegt in 170° 52′ 34, 5. Die Umlaufszeit ist siderisch 4 J. 132 T. 1^h 36′, tropisch 4 J. 131 T. 19^h 8″, synodisch 1 Jahr 108 T. 16^h.

Das Licht der Sonne ist auf ihr abwechselnd 3¾ und 11 mal schwächer als auf der Erde und der scheinbare Durchmesser der Sonne wechselt zwischen 10 und 17 Minuten, was für Juno ein ähnliches Jahreszeitenverhältniss erwarten lässt wie für Pallas.

Der Durchmesser ist noch nicht bestimmt, jedenfalls ist die Angabe von 300 oder 360 Meilen viel zu gross. Juno zeigt sich in sanftem weissem Lichte, das einigen nicht vom Abstande herrührenden Veränderungen unterworfen zu sein scheint. Vielleicht gelingt es einmal, durch aufmerksame Verfolgung dieses Lichtwechsels (denn an merkliche Phasen, die vom Stande der Erde und Sonne abhängen, ist hier nicht mehr zu denken) die Rotation des Planeten zu bestimmen.

Die Störungen der Juno hat *Nicolai* in Manheim am genauesten untersucht, sie sind äusserst beträchtlich und rühren meist vom Jupiter her.

Vesta.

§. 131.

Diesen vierten (und wie es fast scheinen will, letzten) der kleinen Planeten fand *Olbers* am 29 März 1807*). Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist 2,36148 oder 49 Mill. Meilen, die Excentricität 0,088560, also die kleinste Entfernung = 2,15235 und die grösste = 2,57061, oder 44½ und 53½ Mill. Meilen (von der Erde 23 und 74 Mill. Meilen). Die Sonnennähe liegt in 249° 11′ 37″, 0, folglich steht Vesta der Erde am nächsten, wenn ihre Opposition am 30 Mai eintritt. Die Neigung der Bahn ist 7° 7′ 57″, 3, nur weniges stärker als bei Mercur und geringer als bei den andern kleinen Planeten; der aufsteigende Knoten liegt in 103° 20′ 28″, 0. Die siderische Umlaufszeit ist 3 J. 229 T. 17ʰ 38′, die tropische 3 J. 129 T. 13ʰ 9′, die synodische 1 J. 138 T. 23ʰ.

In der Sonnennähe wird er 4¾ mal, in der Sonnenferne 6⅔ mal schwächer erleuchtet als die Erde. Er ist in der Regel der hellste der kleinen Planeten; sein Durchmesser ist noch nicht bestimmt, jedenfalls aber äusserst klein.

Die sonderbaren Durchschlingungen der Bahnen dieser 4 Planeten (die man in einem soliden Modell nicht aus einander herausheben kann) lassen sich schlechterdings in keiner Zeichnung darstellen. Die Konigl. Sternwarte zu Berlin besitzt eine nach *Bode's* Angaben verfertigte Darstellung dieser 4 Planetenbahnen durch starke Messingreifen, wodurch sie sehr gut veranschaulicht werden können.

Die Kleinheit des Volumens, die Verschlingung ihrer Bah-

*) Dass innerhalb fünf Jahren drei neue Planeten in Deutschland und von Deutschen, und zwar in den Jahren der tiefsten Schmach und Erniedrigung unsers gemeinsamen Vaterlandes, entdeckt wurden, wird als ein ewiges Denkmal deutschen Fleisses und deutscher Wissenschaftlichkeit in den Annalen der Nachwelt aufgezeichnet werden. Noch merkwürdiger aber wird die Entdeckung der Vesta dadurch, dass sie nicht als eine zufällige zu betrachten ist, sondern dass *Olbers* durch scharfsinnige theoretische Combinationen über die Lage der in einander geschlungenen Bahnen dieser neuen Planeten auf diejenige Gegend des Himmels geführt ward, wo er ihn wirklich fand — den Flügel der Jungfrau. — Möge dieser Ruhm unserm Vaterlande ewig bewahrt bleiben, und möge das Licht der Wissenschaft nie in ihm verlöschen, ähnlich dem heiligen Feuer am Altare der Göttin, welche ihren Namen diesem Planeten gab!

nen und der nahe gleiche Abstand von der Sonne bei diesen 4 Planeten haben Veranlassung zu der Meinung gegeben, man erblicke in ihnen die Trümmer eines früheren grösseren Weltkörpers. Diese Hypothese hat indess viel Gezwungenes und jedenfalls müsste ein solches Zerspringen, der Grund sei welcher er wolle, den vorhistorischen Zeiten angehören, denn es ist zu unwahrscheinlich, dass ein grösserer Planet zwischen Mars und Jupiter hätte verborgen bleiben und erst in seinen vereinzelten Ueberresten entdeckt werden sollen.

Aeussere Planeten.

Jupiter.

§. 132.

Er ist der grösste Planet unsers Systems, überwiegt sowohl dem Volumen als der Masse nach alle andre zusammengenommen und würde, wenn die Sonne etwa verschwände oder zu wirken aufhörte, der Centralkörper des Systems werden. (Wenn die Erde in dem Augenblick, wo die Sonne zu wirken aufhörte, ihre mittlere Entfernung vom Jupiter hätte, so würde sie in dieser mit einer Umlaufszeit von 380 Jahren um ihn kreisen).

Er vollendet seinen siderischen Umlauf in 11 Jahren 314 Tagen $20^h\ 2'\ 7''$; der tropische ist dagegen 11 J. 312 T. $20^h\ 14'\ 10''$, und der synodische 1 Jahr $33^t\ 16^h$. Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist 5,202767 und seine Excentricität 0,0482235 mit einer säkulären Zunahme von 0,0001535. Die kleinste Entfernung ist hiernach jetzt = 4,951871 und wird nach 100 Jahren 4,951072 sein; die grösste ist 5,453663 und im J. 1940 = 5,454462. Den angegebenen Distanzen für 1840 entsprechen $102\frac{1}{2}$ $107\frac{1}{2}$ $112\frac{1}{2}$ Millionen geogr. Meilen, und die Distanzen von der Erde variiren zwischen 133 und 82 Mill. Meilen. Da sein Perihel in $11°\ 45'\ 32'',8$ liegt, so findet diese kleinste Distanz dann statt, wenn er am 4. October in Opposition steht. Die jährliche Fortrückung des Perihels ist $56'',87$.

Die grösste Mittelspunktsgleichung ist $5°\ 31'\ 39'',0$ mit einer Zunahme von $0'',635$ jährlich.

Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik ist $1°\ 18'\ 42'',4$ mit einer Verminderung von jährlich $0'',23$ und die Länge seines aufsteigenden Knotens $98°\ 48'\ 37'',8$.

Das Licht der Sonne ist auf ihm 27 mal, und wenn man

auf die verschiedne Entfernung Rücksicht nehmen will, 24½ bis 29½ mal schwächer als auf unsrer Erde, demnach gegen 15 mal schwächer als auf dem Mars in seiner Sonnennähe. Da nun Jupiters Scheibe, dem scheinbaren Flächeninhalt nach, uns nur 4 mal grösser erscheint als die des Mars in der grössten Erdnähe, so würde folgen dass Mars alsdann heller glänzen müsse als Jupiter, wenn bei beiden das zurückgeworfene Licht in gleichem Verhältnisse zum empfangenen steht. Allein grade umgekehrt erscheint Jupiter beträchtlich heller als Mars, und wir können also hieraus schliessen

entweder dass Mars einen bei weitem grösseren aliquoten Theil des Lichts absorbire als Jupiter,

oder dass auf Jupiter, unabhängig vom Sonnenlichte, eine eigenthümliche Lichtentwickelung in beträchtlichem Maasse stattfinde.

Für welche der beiden Annahmen die grössere Wahrscheinlichkeit spreche, wird sich weiterhin ergeben.

Die Geringfügigkeit seiner Neigung so wie seiner Excentricität sind von grosser Wichtigkeit für die Stabilität des Sonnensystems. Bei einer Excentricität wie die der Juno würden die daraus entstehenden Störungen des Laufs andrer Planeten 27 mal stärker sein als gegenwärtig.

Die Masse Jupiters ist eins der wichtigsten Elemente des Sonnensystems und kann gegenwärtig bei keiner einzigen, auf eine Bahn innerhalb desselben sich beziehenden Berechnung entbehrt werden. Die frühere Bestimmung *Laplace's* von $1/_{1070}$ war zu klein. *Nicolai* berechnete sie aus den Störungen welche Juno erleidet, zu $1/_{1054}$; ein nahe damit übereinstimmendes Resultat erhielt *Encke* durch die Störungen der Vesta. Als die sicherste kann man gegenwärtig die von *Airy* aus den Abständen des 4ten Jupiterstrabanten (s. weiter unten) berechnete ansehen: sie ist $1/_{1048,69}$, d. h. $1048^{69}/_{100}$ Jupiterskugeln haben zusammen das Gewicht der einen Sonnenkugel. *Santini's* auf demselben Wege gefundenes Resultat ist $1/_{1050}$. Die Beobachtungsart, welche die beiden zuletzt genannten Astronomen anwandten, verbürgt eine sehr grosse Schärfe, und noch mehr wird diese Bestimmung dadurch bestätigt, dass es *Galle* gelungen ist, die bedeutenden Fehler welche in den berechneten Pallasörtern vorkommen, fast ganz wegzuschaffen, als er auf *Encke's* Anrathen die *Airy*sche Jupitersmasse statt der *Nicolai*schen auf die Störungen der Pallas anwandte.

§. 133.

Der scheinbare Durchmesser Jupiters (in seinem mittlern Abstande von der Erde) ist 38″,4 für den Aequator und 35″,6 von Pol zu Pol gemessen. Hiernach würde der Aequatordurchmesser 20018 und der polare 18524, der mittlere also 19270 geogr. Meilen betragen; der körperliche Inhalt 1414 mal der der Erde sein und die Abplattung der Pole auf $^1/_{14}$ gesetzt werden müssen. *Arago* findet letztere indess nur $^1/_{17}$; jedenfalls ist sie äusserst beträchtlich und in einem etwa 40 mal vergrössernden Fernrohr auch ohne Messung schon auffallend.

Für die Dichtigkeit Jupiters folgt aus diesen Bestimmungen 0,239 oder noch nicht $^1/_4$ der Erddichtigkeit, sie kommt am nächsten der der Sonne, die 0,252 beträgt. Gleichwohl ist nicht anzunehmen, dass die Jupiterskugel hohl sei, wie weiter unten gezeigt werden soll, und die entgegengesetzte Annahme das Jupiters eigentlicher innerer Kern viel kleiner, und er von einer vielleicht einige tausend Meilen hohen atmosphärischen Nebelhülle umgeben sei, widerlegt sich durch die Schärfe des Randes. Eine solche Hülle würde sich nach aussen allmählich verlieren und dem Körper ein verwaschenes, kometarisches Ansehen geben. Es bleibt also nur übrig anzunehmen dass die Bestandtheile Jupiters 4 bis 5 mal lockerer sind als die der Erde.

Jupiter dreht sich in einer für seinen grossen Durchmesser erstaunlich kurzen Zeit von $9^h\ 55'\ 26'',56$ um seine Axe, so dass die Rotationsbewegung nur um ein sehr Geringes langsamer ist als die der Revolution. Die Neigung seines Aequators gegen die Ebene ist $3°\ 6'$, d. h. $7^1/_7$ mal geringer als die Neigung des Erdäquators. Die Differenz der Jahreszeiten, so weit sie vom Sonnenstande abhängt, muss also sehr unbeträchtlich sein, zumal da auch die Excentricität nur mässig ist. Die angegebene Periode der Rotation folgt aus Beobachtungen zweier Flecke auf der Scheibe des Jupiter, welche Hr. *W. Beer* und ich vom Nov. 1834 bis zum April 1835 verfolgten. Sie machten in dieser Zeit über 400 Umdrehungen, und wurden, so viel die Witterung es zuliess, allnächtlich beobachtet. Die Flecke stellten sich sehr scharf dar und die herausgebrachte Periode scheint auf $^1/_4$ Sekunde etwa genau zu sein. *Airy* hat aus einer kleineren Reihe von Beobachtungen derselben Flecke 9^h $55'\ 24'',6$ abgeleitet. Früher nahm man nach *Cassini* in runder Zahl $9^h\ 56'$ an, und eben dies fand *Sylvabelle* in Marseille. *Schröter* in Lilienthal fand $9^h\ 55'\ 33''$, jedoch war seine

Berechnungsmethode noch unvollkommen. Es ist nämlich, wenn man die Zeiten beobachtet hat wo der Fleck auf der Mitte der Scheibe zu stehen scheint, nöthig auf folgende Umstände Rücksicht zu nehmen:

1) auf die veränderliche geocentrische Länge Jupiters;
2) auf die Aberration, oder die Zeit, welche der Lichtstrahl vom Jupiter bis zur Erde gebraucht
3) auf die Phase Jupiters, die obschon nicht direkt wahrnehmbar, doch bestimmt vorhanden ist.

Unter der Voraussetzung einer gleichen Dichtigkeit (Homogeneität) aller Theile der Kugel, so dass namentlich von der Oberfläche zur Peripherie hin weder Zu- noch Abnahme der Dichtigkeit stattfindet, kann man nun aus der bekannten Rotation und Dichtigkeit die Abplattung herleiten. Die Erde würde, wäre sie eine solche gleich dichte Kugel, statt $1/_{300}$ Abplattung $1/_{230}$ haben. Es sei nun die Umdrehungsperiode der Erde T, eines andern Weltkörpers t, ferner die Dichtigkeit des Planeten, durchweg gleich gesetzt und die der Erde als Einheit angenommen, d, so wäre seine Abplattung

$$= \frac{1}{230} \cdot \frac{T^2}{t^2 d}$$

also für Jupiter, nach obigen Daten,

$$= \frac{(23{,}92)^2}{230 . (9{,}94)^2 . 0{,}239} = \frac{1}{9{,}85}$$

oder die beiden Axen verhielten sich wie 9,85 : 10,85. Nun ist aber die Dichtigkeit nach *Arago* = $1/_{17}$ also jedenfalls viel geringer als die, welche die Voraussetzung einer gleichförmigen Dichtigkeit giebt, diese Voraussetzung ist also falsch.

Wäre nun Jupiter nach Aussen hin dichter, oder gar im Innern hohl, so würden die Massen, welche den grössten Rotationsschwung haben und also am meisten zur Abplattung beitragen, durch ihr Massenübergewicht diese Abplattung noch vergrössern, während sie umgekehrt kleiner ausfallen muss wenn Jupiter im Innern dichter ist als an der Oberfläche. Das Letztere lehren die Beobachtungen, folglich ist Jupiter nicht homogen, sondern die Dichtigkeit nimmt, wie bei unsrer Erde, von aussen nach innen zu, und dies mindestens in eben so starkem Verhältniss als bei dieser.

Die Dichtigkeit von der Oberfläche Jupiters ist folglich nicht grösser, sondern eher noch kleiner als 0,239 von der an der Erdoberfläche statt findenden; letztere ist durchschnittlich

2,8; für Jupiters Oberfläche ergiebt sich also nur 0,67 höchstens (etwa wie Nussbaum oder Erlenholz).

§. 134.

Abplattung und Rotation wirken zusammen, den Fall der Körper am Jupitersäquator, verglichen mit dem an den Polen, sehr bedeutend zu schwächen. An letzterem beträgt er in der ersten Sekunde 42',403, oder er ist 2,822 mal stärker als an den Erdpolen. Am Aequator Jupiters hingegen wird er durch die Abplattung um 6',093 und durch den Rotationsschwung noch ausserdem um 3',531, zusammen um 9',624 vermindert und er beträgt nur 32',779 ist also 2,177 mal stärker als am Erdäquator. 100 Pfund auf der Erde, werden am Jupiters Aequator 217 Pfund und an den Polen 283 Pfund Kraft erfordern: das Sekundenpendel wird an den Polen 8',5925 und am Aequator 6'6424 Länge haben. Wer am Jupitersäquator eine Last von 100 Pfund zu heben vermag, kann an den Polen nur 77,3 Pfund bewältigen. Sollen, namentlich in den mittlern Breiten der Jupiterskugel, Pendeluhren nicht mehr als eine Sekunde in einem Jupiterstage abweichen, so müssen sie für jede Zehntelminute der Breitendifferenz eine andre Länge erhalten; so dass ein Unterschied, der auf unsrer Erde nur den Gelehrten bekannt ist und sonst unbeachtet bleibt, dort von höchst wesentlichem Einflusse auf alle Naturverhältnisse sein muss.

Die Unterschiede der Tageslängen sind auf Jupiter sehr gering. Die mittlere Dauer eines Sonnentages ist $4^h\,57'\,49''$, 5, wobei auf den dortigen Sonnendurchmesser (6' 9") nicht aber auf die uns unbekannte Strahlenbrechung Rücksicht genommen ist. Die längsten und kürzesten Tage sind

	Kürzester Tag.	Längster Tag.	Unterschied.
unter 40° B.	$4^h\,49'\,14''$	$5^h\,6'\,26''$	17' 12"
60°	4 39 53	5 15 47	35 54.

Im Verhältniss zur Tageslänge sind diese Unterschiede im Durchschnitt 8 mal geringer als bei uns; und Tage, welche eine volle Rotationsperiode oder mehr enthalten, kommen erst jenseit des 86° 50' der Breite, in der Nähe der Pole, vor.

Hiernach ist zu schliessen dass auch das Klima der einzelnen Zonen ein mehr konstantes sein müsse, und dass erst in der Nähe der Pole sich Winter und Sommer einigermaassen merklich unterscheiden. Für den Aequator und die benachbarten Gegenden werden die Jahreszeiten von der Entfernung der Sonne abhängen und die Erwärmung in beiden Extremen sich nahe wie 5 : 6 verhalten. Diese Constanz wird noch auffallen-

lender durch die bedeutende Länge des Jupiterjahres, das fast 12 unsrer Jahre enthält und sich in 10776 Jupiterstage theilt.

So hat uns die Kenntniss der Masse, Abplattung, Rotationsperiode und Axenstellung, verbunden mit den übrigen Elementen, eine ziemlich detaillirte Kenntniss vieler wesentlichen Verhältnisse der Jupiterskugel verschafft. Allein wir können noch näher in die physische Natur des Planeten eindringen und die Beschaffenheit seiner Oberfläche betrachten.

§. 134.

Die Beobachtungen lehren, dass er sich durch ein hellgelbes Licht vor den übrigen Planeten auszeichne und dass auf diesem gelblichen Grunde graue oder braungraue Streifen hinziehen, welche im Allgemeinen dem Aequator des Planeten parallel laufen. Am gewöhnlichsten sieht man zwei dieser Streifen, zwischen denen der Aequator in einer schmalen hellen Zone liegt, und diese Streifen ziehen sich um die ganze Kugel herum. Sind weiter nach Norden oder Süden mehrere vorhanden so sind sie stets weit matter und schmaler, scheinen auch nicht um die ganze Kugel herum zu gehen. Nach den Polen zu geht das Gelb der Kugel in ein mattes bleifarbiges Grau über, in welchem zuweilen auch noch Streifen hervorzublicken scheinen.

Die Hauptstreifen in der Mitte zeigen sich nun weder in gleicher Breite noch in gleicher Bestimmtheit; ihre Ränder sind zuweilen scharf, zuweilen sehr uneben. Bei dem südlichen Hauptstreifen z. B. ist oft der dem Aequator zugewandte Rand scharf, der andere dagegen knotig, mit Einbuchten und Vorsprüngen, auslaufenden Armen, verschiedentlich abgesetzten Schattirungen u. dgl. Die erwähnten 2 Flecke, welche wir zuerst am 3 Novbr. 1834 wahrnahmen, zeigten sich nebst einem dritten schwächeren in nahe gleichem Abstande von etwa 24 Jupitersgraden. Die beiden stärkeren hatten der Schätzung nach jeder etwa 800 Meilen Durchmesser, und ihre Entfernung von einander nahm innerhalb 2 Monaten um etwa 167 Meilen (1 Jupitersgrad) zu. Während dieser Zeit waren die Streifen, jedoch nicht die Flecke, nach und nach bleicher und schmaler geworden, zuletzt fast ganz verschwunden, so dass man die Flecke isolirt erblickte. Der andre Streifen hatte dagegen an Breite und Intensität eher zu- als abgenommen. Während der Sommermonate konnte Jupiter, der Conjunction wegen, nicht beobachtet werden und hernach erschienen weder diese Flecke noch der Streifen wieder, dagegen schien es im Decbr

1835, als ob der andre Streifen sich in der Mitte der Länge nach in zwei schmalere spalten werde. Nach einigen Wochen war diese Trennung ausser Zweifel, und so hatte Jupiter wieder 2 Streifen und eine schmale Mittelzone. — Die erwähnten Flecke hatte Hr. *Schwabe* in Dessau schon früher wahrgenommen und mancherlei Veränderungen davon notirt: so hatte sich der eine kurze Zeit hindurch in lauter feine Pünktchen aufgelöst.

Ein sehr grosser Fleck, den schon der ältere *Cassini* beobachtete, blieb über 50 Jahre stehen und ist noch von *Maraldi* gesehen worden. Ueberhaupt haben alle Beobachter, auch *Herschel* und *Schröter*, im Laufe der Zeit bedeutende Veränderungen auf Jupiters Oberfläche bemerkt. Die Streifen gehen zuweilen nicht ganz herum und brechen plötzlich ab: das Ende eines solchen Streifens benutzte *Schröter* zur Rotationsbestimmung, wodurch er $9^h\,55'\,33''$ erhielt.

Bei *Schröter* kommen auch Beobachtungen von Flecken vor, die auf eine weit schnellere Rotation oder auf eine eigne Bewegung der Flecke deuteten. Er beobachtete z. B. am 9. Februar 1786 um $5^h\,45'$ einen kleinen aber sehr schwarzen Fleck, den er am 11. als er der *Cassini*schen Rotationsperiode zufolge um $7^h\,25'$ wieder in derselben Lage sich befinden sollte, nicht wiederfand, dagegen einen andern beträchtlich grösseren, der sich rascher bewegte als die Rotationsperiode zuliess, jedoch nur 55 Minuten lang beobachtet werden konnte. Dieser Fleck hätte nun am Abend des 13 wieder gesehen werden sollen, was jedoch nicht der Fall war; vielmehr erschien ein Fleck, dem Anschein nach der vom 9. Februar, den *Schröter* nun von $5^h\,58'$ bis $7^h\,50'$ verfolgte und 10 mal seine jedesmalige Stellung schätzte. Aus zweien dieser Schätzungen, ohne alle Correction beiläufig verglichen, folgerte er eine Periode von $6^h\,54'$, und indem er annahm, dass es der Fleck vom 9. Febr. sei und seitdem 14 Umläufe gemacht habe, erhielt er eine Periode von $6^h\,56'\,56''$. Man sieht indess nicht ein, wie *Schröter*, der doch in dem Nichterscheinen des Flecks am 11. einen Hauptgrund zu der Annahme findet dass der Fleck die *Cassini*sche Periode nicht befolgt habe, den sehr nahen Schluss übersah dass er ja auch nach der seinigen am 11. Febr. Abends (nach 7 Umläufen statt 5) hätte erscheinen müssen, und dass eine Vergrösserung oder Verkleinerung der Flecke in kurzer Zeit etwas sehr Gewöhnliches ist. Indess habe ich versucht, aus den 10 Schätzungen *Schröters* über den Ort des Flecks am 13. Febr.

Abends, wie er sie mittheilt, aber mit Berücksichtigung der Correctionen, nach der Methode der kleinsten Quadrate die Periode abzuleiten, und finde $7^h 39' 19''$ mit einer mittleren Unsicherheit von $15' 32''$. Hiernach würde er (wenn er anders mit mit dem vom 9. Febr. identisch, und von dem vom 11. verschieden war) in der Zwischenzeit 13 Umläufe zu $7^h 29'$ jeden gemacht haben. Allein die ganze Bestimmung ist viel zu unsicher und die Annahmen zu gewagt. Es ist sehr zu bedauern dass es *Schröter* nicht gelang, nach einer oder wenigen Rotation den Fleck wieder zn sehen und dass nach dem 13 Februar überhaupt keine Beobachtung desselben mehr vorkommt.

§. 135.

Diese Wahrnehmung *Schröters* ist es nun, woraus er selbst und andre auf das Dasein heftiger Stürme auf Jupiter, die 100 und mehreremal rascher als die stärksten auf der Erde sein sollten, geschlossen hat (nach obiger Rechnung müsste der Fleck eine eigne Bewegung von 28 geogr. Meilen in der Minute gehabt haben). — Ich mag nicht hierüber entscheiden. Ein Trabantenschatten kann es nicht gewesen sein; *Schröter* giebt die Stellung der Trabanten an, wonach kein Schatten auf Jupiter fallen konnte. An einen ausserhalb Jupiters Atmosphäre umlaufenden dunklen Körper ist gleichfalls nicht wohl zu denken, denn der Fleck ward undeutlich, wenn er sich dem Rande Jupiters näherte: die Atmosphäre Jupiters übte folglich ihre schwächende Wirkung auf ihn aus. Andre Beobachter haben von so heftigen Veränderungen, als hieraus zu folgen scheinen, nie eine Andeutung wahrgenommen, *Schröter* selbst in der Folge nicht, und so scheint es bei dem Mangel aller Bestätigung besser, gar keine Erklärung zu geben als eine so überaus gewagte.

Man sieht die Streifen gewöhnlich nach den Rändern zu matt und unbestimmt abfallen und verbleichen; eben so kann man keinen wirklichen Fleck Jupiters bis zum Rande mit Sicherheit verfolgen. Die beiden vorhin erwähnten, welche vom Nov. 1834 bis April 1835 beobachtet wurden, verschwanden jedesmal schon 55° oder 57° von der Mitte ganz. Aus ihren anhaltend fortgesetzten Beobachtungen folgte allerdings auch eine kleine eigne Bewegung derselben. Sie gaben in den Beobachtungen vom 4 Novbr. bis 9. Januar, wo der Streifen sichtbar war, eine etwa 4 Sekunden längere Rotation zu erkennen, zugleich aber eine allmähliche Zunahme der Geschwindigkeit

Nach dem fast gänzlichen Verschwinden des Streifens, vom 22. Januar bis 19. April, zeigten sie sich jedoch gleichmässiger, so dass die Geringfügigkeit der übrigbleibenden Beobachtungsfehler keinen Zweifel über die Richtigkeit der Annahme einer constanten und der Rotation entsprechenden Geschwindigkeit zuliess. Mit dieser letztern verglichen, müssen sie in der Zeit vor dem 1. Jan. sich täglich 16 bis 21 Meilen in dem der Rotation entgegengesetzten Sinne, nämlich von O nach W, bewegt haben. Ihre Gestalt veränderte sich dagegen nicht merklich.

Nach aller Wahrscheinlichkeit ist Jupiter von einer sehr dichten Atmosphäre umgeben, in welcher sich Wolkenhaufen Wolkenzonen bilden, die bei der bedeutenden Länge und geringen Veränderlichkeit der Jahreszeiten viel constanter als unsre Wolken sein mögen. Indess verändern sie gleichwohl nicht allein ihre Grösse, Gestalt und Intensität, sondern auch wohl ihren Ort in Beziehung auf die Jupiterskugel. Wirklich feste Oberflächentheile scheinen unter den bisher beobachteten Flecken nicht vorgekommen zu sein und vielleicht gestattet die sehr dichte Atmosphäre uns nie den Anblick der wahren Kugeloberfläche. Die Gegenden an den Polen, und bis zu 40° Breite hin, geniessen wahrscheinlich nie einen heitern Himmel, und auch die übrigen wohl nur unvollkommen.

Es möge noch bemerkt werden, dass auf Jupiters Oberfläche keine oceanisch verbreitete Flüssigkeit von der Dichte unsers Wassers vorkommen könne, denn da wie oben gezeigt worden, die specifische Schwere der an der Oberfläche befindlichen Theile die Dichte unsers Wassers nicht erreicht, so würde ein Gleichgewicht nicht bestehen können wenn Oceane von dieser Dichtigkeit vorhanden wären, so wenig es auf unsrer Erde bestehen würde wenn die Oceane statt Wasser etwa Quecksilber enthielten.

Jupiter ist im Ganzen leicht zu beobachten. Ein scharf begrenzendes Fernrohr muss bei 4 — 5 maliger Vergrösserung schon seine Scheibenform, bei 30 maliger seine Abplattung und seine Streifen zeigen: genaue Beobachtungen der letztern erfordern indess eine 2 — 300 malige Vergrösserung und günstige Stellung des Planeten.

Die Trabanten Jupiters.

§. 136.

Die erste astronomische Entdeckung welche wir den Fern-

gläsern verdanken, war die der vier Jupiterstrabanten. Es ist wahrscheinlich, dass Mehrere sie fast gleichzeitig gesehen haben ohne von einander zu wissen, da sie so leicht wahrzunehmen sind; gewöhnlich bezeichnet man *Simon Marius (Mayer)* als den Entdecker und den Decbr. 1610 als das Datum. Alle vier wurden gleichzeitig entdeckt und ihre Zahl scheint abgeschlossen zu sein, da seit jener ersten Entdeckung nie die Spur eines andern vorgekommen ist und sie sämmtlich sehr hell glänzen, gleich Sternen 6ter Grösse. Man könnte sie wahrscheinlich ganz gut auch ohne Fernrohr sehen, wenn sie nicht ihrem Hauptplaneten so nahe ständen dass sie von den Strahlen desselben, für den Anblick mit freiem Auge, überglänzt würden. Dennoch haben einzelne Personen von seltner Scharfsichtigkeit zuweilen einen oder den andern wahrgenommen.

In starken Vergrösserungen erscheinen sie als deutliche Scheiben, und da sie uns stets ihre erleuchtete Seite zuwenden, eben so wie der Hauptplanet, so können wir keine Phase an ihnen wahrnehmen.

Galiläi gab ihnen den Namen Mediceische Sterne, noch andre schlugen verschiedene Benennungen vor. Keine von diesen hat sich erhalten, und sie werden blos gezählt, so dass der erste derjenige ist, der Jupiter am nächsten steht.

Sie laufen um Jupiter in Bahnen welche äusserst wenig vom Kreise abweichen, und nur beim 3. und 4. ist eine kleine Excentricität mit Gewissheit zu erkennen. Eben so ist ihre Neigung gegen den Aequator Jupiters sehr gering, beim ersten ganz unmerklich und nur beim 4. einigermaassen bedeutend.

Man trifft sie daher fast immer auf einer Linie, welche die Verlängerung der Streifen bildet, oder doch nahe derselben. Die kleinen Abweichungen von dieser Linie sind weit mehr der Neigung des Jupiteräquators gegen seine eigne Bahn und gegen die Ekliptik, als den Neigungen der Trabanten gegen den Aequator Jupiters, zuzuschreiben.

In diesen Bahnen bewegen sie sich um den Jupiter 18 mal rascher, als ein Mond in gleichem Abstande wie sie um die Erde laufen würde, dagegen 32 mal langsamer als ein Planet, der denselben Abstand vom Centro der Sonne hätte, um die Sonne laufen müsste.

Bei der unbedeutenden Excentricität würden in diesen Bahnen die durchlaufenen Bögen fast genau der Zeit proportional sein, aber die Anziehungen, welche sie auf einander gegenseitig ausüben, verbunden mit den Störungen der Sonne,

veranlassen ziemlich verwickelte Correctionen, besonders bei den drei innern Trabanten. So hängen die Störungen des ersten Trabanten fast allein von dem Winkel ab, den er mit dem zweiten und dritten am Centro Jupiters macht, und ähnlich bei den übrigen. Diese gegenseitigen Störungen haben uns indessen, da wir durch *Lagrange* und *Laplace* die Theorie derselben genau kennen, zur Kenntniss der Masse dieser Trabanten verholfen, und da wir durch *Struve's* Messungen ihre Durchmesser kennen, so sind wir auch im Stande ihre Dichtigkeit zu berechnen. Auf grosse Genauigkeit können diese letztern Bestimmungen freilich keinen Anspruch machen, allein es ist schon genug dass es überhaupt möglich geworden ist, so kleine und entfernte Körper, von denen das Alterthum nicht das Mindeste ahnte, und die selbst den ersten Entdekkern sich nur als Punkte darstellten, nicht allein unter den Maassstab zu bringen, sondern sie auch auf die Wagschale zu legen.

§. 137.

Die Grösse ihres Hauptkörpers und die Kleinheit der Neigungen ihrer Bahnen sind Ursach, dass jeder Umlauf dieser Monde eine Sonnen- und eine Monfinsterniss für Jupiter mit sich führt, die auch mit geringen Ausnahmen sämmtlich total sind. Nur der 4. Trabant kann, wenn er zur Zeit seiner Conjunction und Opposition dem Maximo seiner Breite nahe steht, unverfinstert und unverfinsternd vorübergehen.

So erblickt Jupiter während eines seiner Jahre gegen 4400 Verfinsterungen, welche seine Trabanten erleiden und etwa eben so viele, welche sie verursachen; erstere sind, für irgend eine gegebene Jupitersgegend, dem grössten Theile nach sichtbar, letztere nur dem kleineren Theile nach.

Bei der grössern Schärfe des Jupiterschattens, verglichen mit dem Schatten der Erde (diese Schärfe ist der Entfernung des schattenwerfenden Körpers von der Sonne proportional) und dem raschen Fluge dieser Monde verfliessen nur wenige Minuten vom wahren Anfange der Mondfinsterniss bis zum totalen Verschwinden. Von der Erde aus gesehen, nehmen sie anfangs an Glanz eine kurze Zeit hindurch ab und erlöschen dann plötzlich wie ein ausgeputztes Licht, und eben so ist das Wiedererscheinen in umgekehrter Ordnung beschaffen. Während der Finsterniss selbst bleibt keine Spur von ihnen sichtbar, sie haben folglich kein bemerkbares eignes Licht und eben so ist die Strahlenbrechung in Jupiters Atmosphäre nicht

stark genug um den ganzen Schatten mit gebrochenem Lichte zu erfüllen.

Die Dauer der Verfinsterung ist sehr verschieden, je nachdem sie durch die Mitte des Jupiterschattens rücken oder nur eine Sehne desselben beschreiben; auch die kleinen Ungleichheiten der Bewegung haben einigen Einfluss darauf. Von den beiden innersten sehen wir immer entweder nur den Anfang (Eintritt) oder das Ende (Austritt) der Verfinsterung, nie beides zusammen, und zwar vor der Opposition Jupiters die Eintritte, nach derselben die Austritte. Vom 3. und 4. Trabanten dagegen sehen wir zuweilen in derselben Finsterniss beides.

Man hat diese Finsternisse, da sie sich ziemlich scharf vorausberechnen lassen, als astronomische Signale benutzt um dadurch den Längenunterschied entlegener Orte auf der Erde zu bestimmen, auch die Länge auf der See zu finden. Jetzt wendet man sie seltner dazu an, da die Sternbedeckungen und Sonnenfinsternisse, welche unser eigener Trabant veranlasst, schärfere Signale gewähren.

Die Sonnenfinsternisse, welche Jupitersmonde bewirken, sind von der Erde aus dadurch wahrnehmbar dass der Schatten des Trabanten über die Scheibe hinzieht. Diese Schatten sind fast so gross als die Trabanten selbst, wegen der bedeutenden Entfernung der Sonne. Nur der des vierten ist kleiner, verwaschener und überhaupt schwer wahrzunehmen, da er sich fast ganz im Halbschatten auflöst; die Schatten der übrigen erscheinen dagegen pechschwarz und völlig so dunkel als der Nachthimmel; ein Beweis, dass Jupiter kein merkliches eignes Licht habe. Dadurch entscheidet sich die §. 103. aufgestellte Alternative dahin, dass Mars den bei weitem grössten Theil des von der Sonne empfangenen Lichtes absorbire und nur einen verhältnissmässig geringen zurückstrahle.

Steht Jupiter genau in der Opposition, so können wir nichts von diesen Finsternissen sehen, da alsdann sowohl die Schatten des Planeten als seiner Trabanten in die Verlängerung unsrer Gesichtslinie fallen und von uns abgewandt sind; wir sehen dann nur die Trabanten hinter oder vor die Scheibe rücken und an der entgegengesetzten Seite wieder hervorkommen und sich von Jupiter trennen. Doch beschränkt sich diese Unterbrechung nur auf einige Nächte. Eine längere tritt zur Zeit der Conjunctionen ein, wo Jupiter hinter der Sonne steht und überhaupt nicht beobachtet werden kann. Die Austritte

(nach der Opposition und vor der Conjunction) erfolgen für den Anblick im astronomischen Fernrohr links (westlich) die Eintritte rechts oder östlich. Die andre Seite des Schattens wird uns dann vom Jupiterskörper verdeckt, wenn nicht, wie oben bemerkt, der 3. und 4. Trabant durch ihre beträchtliche Breite zuweilen eine Ausnahme machen. Um dieselbe Zeit wo die Eintritte sichtbar sind, gehen die Trabanten ihrem Schatten auf der Jupitersscheibe voran; sie folgen ihnen hingegen nach, wenn man nach der Opposition die Austritte beobachtet.

Es kann sich auch, freilich selten, ereignen, dass ein Mond den andern verfinstert, meistens nur zum Theil, denn da sie an Grösse nicht sehr verschieden sind so ist ein so genaues Zusammentreffen der Umstände, dass der Schatten des einen den andern ganz bedecke, nur äusserst selten möglich. — Die astronomischen Ephemeriden geben uns nur die von der Erde aus sichtbaren Eintritte oder Austritte der Monde in den Jupitersschatten, wozu auch die Tafeln nur eingerichtet sind.

Ein merkwürdiges Verhältniss bewirkt, dass die drei innern Monde nie gleichzeitig verfinstert werden können. Es ist nämlich die mittlere Länge des ersten Trabanten, vermehrt um die doppelte mittlere Länge des dritten, und vermindert um die dreifache Länge des zweiten Trabanten stets genau 180 Grad, woraus folgt, dass wenn zwei dieser Trabanten gleiche Länge in Beziehung auf Jupiter haben, der dritte von ihnen entfernt stehen müsse. Dieses merkwürdige Gesetz ist eine Folge der gegenseitigen Anziehung, und braucht im Anfange nur beinahe stattgefunden zu haben um zu bewirken dass es jetzt, und in allen künftigen Zeiten, der Strenge nach stattfindet.

§. 138.

Abgesehen von den Ungleichheiten, welche in der Ellipticität und den Störungen der Bahnen ihren Grund haben, kommen noch drei andre Ursachen hinzu, welche auf die Stellung der Trabanten gegen Jupiter, und auf die Intervalle der Finsternisse, Einfluss haben und diese Intervalle ungleich machen würden, auch wenn die Bahnen ganz kreisförmig und die Bewegung gleichmässig wäre.

Die erste ist die Ausweichung der Erde, welche bald rechts bald links von derjenigen Linie steht, die von der Sonne zum Jupiter gezogen werden kann. Sie veranlasst zwar keine Verzögerung oder Beschleunigung der eigentlichen Finster-

nissmomente, wohl aber eine der Ein- und Austritte hinter und vor der Scheibe Jupiters, so dass die geometrischen obern und untern Conjunctionen von den heliocentrischen (die zugleich die Mitte der Finsterniss ist) um mehrere Stunden verschieden sein können.

Die zweite Ursach ist die Excentricität der Jupitersbahn, welche die synodischen Umläufe der Trabanten ungleich macht. Der periodische Umlauf unterscheidet sich nämlich vom synodischen um den Bogen, welchen Jupiter während eines Trabantenumlaufs in seiner eignen Bahn zurücklegt. Dieser Bogen ist grösser in der Sonnennähe Jupiters, folglich ist auch der Unterschied zwischen dem periodischen und synodischen Umlauf des Trabanten, und dieser letztere selbst, grösser als in der Sonnenferne Jupiters. Für ein einzelnes Intervall ist der Unterschied zwar geringfügig, doch er sammelt sich an, da in jeder der beiden Hälften der Jupitersbahn gegen 1300 Umläufe des ersten, 640 des zweiten, 320 des dritten und 140 des vierten Trabanten erfolgen.

Die dritte Ursach ist die wichtigste, und das Erkennen derselben durch die Beobachtungen hat uns mit einer Thatsache bekannt gemacht, die für die ganze Astronomie von höchster Bedeutung ist. Man nahm nämlich wahr, dass wenn man die Finsternisse aus den nahe um die Opposition Jupiters angestellten Beobachtungen vorausberechnete, sie um die Zeit der Conjunctionen stets gegen eine Viertelstunde später einfielen. Die Verspätung wuchs regelmässig mit der wachsenden Entfernung Jupiters von der Erde und nahm mit seiner Annäherung wieder ab. *Römer* in Paris war es, der hierdurch 1675 zuerst auf den Gedanken kam, dass der Lichtstrahl, wenn er vom Jupiter bis zur Erde sich fortpflanze, nothwendig eine wenn auch noch so geringe Zeit gebrauchen müsse da keine Geschwindigkeit der Strenge nach unendlich gross sein kann. Hat er nun einen längern Weg zurückzulegen so bedarf er mehr Zeit, kommt also später auf der Erde an als in grösserer Nähe der Fall gewesen wäre, und dies bewirkt die Verspätung der Finsternisse ausserhalb der Opposition.

Aus dem Betrage der Verspätung schloss man auf eine Zeit von 8¼ Minuten, welche der Lichtstrahl gebrauche um einen Raum zurückzulegen, der der mittlern Entfernung der Erde von der Sonne gleich ist. Diese Erklärung ist durch alle folgenden Beobachtungen nicht nur der Jupiterstrabanten, sondern noch vieler andern astronomischen Phänomene, bestä-

tigt worden, und es hat sich auf ganz verschiedenen Wegen sehr nahe dasselbe Resultat wie oben ergeben. Die Zeit des Lichts für die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne ist nach den neuesten Bestimmungen 8′ 13″, 15 und man nennt diese Grösse die Constante der Aberration in Zeit. Bei den Vorausberechnungen astronomischer Momente pflegt man sie schon mit anzubringen, um dem Beobachter die Zeit, worauf er sich einzurichten hat, unmittelbar anzugeben. Bei den Ephemeriden des Planetenlaufs und ähnlichen Angaben lässt man sie gewöhnlich weg, da diese mehr dem Berechner dienen.

Der erste Jupitersmond.

§. 139.

Er bewegt sich um Jupiter in einer Bahn, die den Beobachtungen zufolge keine Abweichung vom Kreise verräth, innerhalb 1 T. 18ʰ 27′ 33″, 5049 siderisch und 1 T. 18ʰ 28′ 35″, 9454 synodisch. Seine Entfernung vom Centro des Hauptplaneten ist 6,049 seiner Halbmesser oder 58294 geogr. Meilen. Die Bahn neigt sich nur 7″ gegen den Jupitersäquator und ihr aufsteigender Knoten in der Ebene desselben fällt mit dem des Jupitersäquators in seiner Bahn zusammen in 314° 27′ 54″. Gegen die Bahn Jupiters selbst ist er 3° 5′ 24″ geneigt. Die Dauer seiner Verfinsterungen, wenn er durch das Centrum des Schattens geht, ist 2ʰ 15′ 44″. — Der angegebene synodische Umlauf begreift 4,2799 Tage Jupiters.

Sein scheinbarer geocentrischer Durchmesser ist nach *Struve's* Messungen 1″,015; vom Jupiter aus gesehen 31′ 11, er kann aber im Zenith Jupiters auf 37′ 20″ steigen. Der wahre Durchmesser ist 529 geographische Meilen, die Masse 0,000017328 der Jupitersmasse und seine Dichtigkeit folgt hieraus 0,2005 der Dichtigkeit unsrer Erde (sehr nahe wie unser Wasser.) — Er ist einer der glänzendsten und übertrifft zuweilen sogar den dritten und grössten. Sein hellgelbes ruhiges Licht ist dem der Jupitersscheibe in ihren hellsten Theilen völlig gleich.

Der zweite Jupitersmond.

Auch bei diesem haben die Beobachtungen keine Excentricität ergeben. Er vollendet seinen Umlauf siderisch in 3 T.

13^h 13′ 42″, 0399; den synodischen in 3 T. 13^h 17′ 53″, 7309 (8,5813 Jupiterstagen). Die Neigung seiner Bahn, gegen den Jupitersäquator ist veränderlich. Es existirt nämlich für ihn, wie für den 3. und 4. Trabanten, eine mittlere Bahn deren Knoten mit dem des ersten und des Jupitersäquators selbst zusammenfällt (dies gilt von allen Trabanten) und deren Neigung gegen Jupiters Aequator 1′ 6″, gegen die Bahn desselben 3° 4′ 25″ beträgt. Aber seine wirkliche Bahn schwankt um diese mittlere periodisch herum und kann bis 27′ 49″ von ihr abweichen; auch die Knoten der wahren Bahn auf der mittleren sind veränderlich. — Die Entfernung vom Jupiter beträgt 9,623 seiner Halbmesser oder 92827 Meilen; der geocentrische Durchmesser ist 0″911, der jovicentrische 17′ 35″, der wahre 475 Meilen. Dem Volumen nach ist er also der kleinste Mond und etwa dem Erdmonde gleich, nämlich $^1/_{47}$ des Volumens der Erde und $^1/_{49300}$ des Jupiter. Aber seine Masse ist 0,000023235 der Masse Jupiters, so dass seine Dichtigkeit 0,3711 wird; er ist also etwas dichter als Jupiter und überhaupt der dichteste aller Trabanten.

Da seine Umlaufszeit nur 18′ 35″ mehr beträgt als 2 Umläufe des ersten, so treffen seine Oppositionen immer einige Male hintereinander mit denen des ersten zusammen, welche Coincidenz eine Periode von 437 Tagen hat.

Die Dauer seiner Verfinsterungen, wenn er durch die Mitte des Schattens geht, ist 2^h 52′ 4″. — Er ist der kleinste unter Jupiters Trabanten, erscheint aber doch gewöhnlich heller als der vierte und zuweilen sogar eben so hell als der erste und dritte.

Der dritte Jupitersmond.

Er vollführt seinen sehr nahe kreisförmigen Umlauf in 7 T. 3 St. 42′ 33″,3605 siderisch oder 7 T. 3 59′ 35″, 8251 synodisch, was 17,3034 Jupiterstagen gleich ist. Die Excentricität der Bahn ist im mittleren Durchschnitt 0,001348 wonach die Mittelpunktsgleichung 9′ 12″ beträgt, aber sie ist periodischen Veränderungen unterworfen. Im J. 1682 war sie am grössten (0,0019 mit der Mittelpunktsgleichung 13′ 16″); im J. 1777 hatte sie den kleinsten Werth (0,0008 mit der Mittelpunktsgleichung 5′ 7″). Die Periode dieser Aenderungen ist 190 Jahre, und es wird also 1967 wieder der kleinste Werth, so wie 1872 der grösste eintreten. — Die mittlere Neigung

gegen Jupiters Aequator ist 5′ 3″ und gegen dessen Bahn 3° 0′ 28″; um diese herum schwankt die wahre Bahn innerhalb der Grenzen ± 12′ 20″. Vom Jupiter ist er 15,350 seiner Halbmesser oder 148078 Meilen entfernt. Die geocentrischen, jovicentrischen und wahren Durchmesser sind 1″ 488; 18′ 0″; 776 Meilen; er ist der grösste der 4 Monde, 4½ mal so gross als unser Mond, 11 mal kleiner als die Erde und 11350 mal kleiner als Jupiter. Die Masse ist nach *Laplace* 0,000088497, woraus sich seine Dichtigkeit zu 0,3244 oder sehr nahe der des Jupiter ergiebt. Die grösste Dauer seiner Finsternisse ist 3ʰ 33′ 40″.

Seine Umlaufszeit ist nur 75′ 9″ grösser, als die doppelte des zweiten, und 112′ 19″ grösser als vier Umläufe des ersten Trabanten.

Er ist in der Regel der hellste der Trabanten. Der erstere scheint indess ein intensiveres Licht zu haben, da sonst das Uebergewicht des dritten (beträchtlich grösseren) wohl entschiedener hervortreten müsste. Oft ist er dem ersten an Glanz gleich und in seltnen Fällen selbst dunkler als dieser: die gelbe Farbe spricht sich in ihm am bestimmtesten aus. Wenn er beim Vorübergange vor Jupiters Scheibe einen der Streifen trifft, so kann er gut wahrgenommen werden. Wir sehen zuweilen den Anfang und das Ende seiner Finsternisse, wenn er hinreichende nördliche oder südliche Breite gegen die Ekliptik hat.

Es finden mehrere merkwürdige Verhältnisse zwischen den 3 ersten Trabanten statt. Vergleicht man die synodischen Umläufe so findet sich, dass

247 des ersten Trabanten	dauern	437 T.	3ʰ	43′	58″, 51	
123 des zweiten	„	„ 437	3	41	8, 90	
61 des dritten	„	„ 437	3	35	25, 33	

Der vierte passt nicht so gut in diese Reihe, gleichwohl kommt auch er ziemlich nahe denn wir haben

26 des vierten	„	„ 435	14	13	2,55.

Es folgt hieraus, dass nach einer Periode von 437 T. 4ʰ die Finsternisse der drei innern Trabanten nahe in gleicher Ordnung wiederkehren müssen, und eben so die Vorübergänge vor Jupiters Scheibe, so wie ihre Stellungen gegen den Jupiter im Allgemeinen.

Ferner ist die mittlere Winkelbewegung des ersten, vermehrt um die doppelte des dritten, vollkommen genau gleich

der dreifachen des zweiten. Die mittlere Bewegung ist nämlich in einem Jahrhundert

I. Trab.	7432435° 28′ 2″,0	=	a
II. „	3702713 13 53,3	=	b
III. „	1837825 6 49,0	=	c

und es ist a + 2 c = 11108139° 41′ 40″ 0 = 3 b.

Vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung muss dies stets so bleiben, selbst wenn es im Anfange nur nahe zu stattfand. Dass ein ähnliches constantes Verhältniss zwischen den mittleren Längen selbst stattfindet, ist bereits oben bemerkt und folgt auch nothwendig aus dem der mittleren Bewegungen.

Der vierte Jupitersmond.

Seine siderische Umlaufszeit ist 16 T. 16^h 32′ 11″,2712, die synodische 16 T. 18^h 5′ 7″, 0210 oder 40,5135 Jupiterstage. Die Bahn ist merklich excentrisch (0,007275 mit der Mittelpunktsgleichung 50′ 2″) und auch diese Excentricität unterliegt durch die Einwirkung des dritten Trabanten kleinen periodischen Veränderungen. Die Neigung (der mittleren Bahnebenen) gegen Jupiters Aequator ist 24″ 33 und gegen Jupiters Bahn 2° 40′ 58″, die Schwankung um diese Mittel herum 14′ 58″. Der Abstand vom Jupiter beträgt 26,998 seiner Halbmesser oder 260450 Meilen. Der Erde erscheint sein Durchmesser unter einem Winkel von 1″,273, dem Jupiter 8′ 46″ gross; sein wahrer Durchmesser ist 664 Meilen. Hiernach nimmt er $^1/_{17}$ des Erd- und $^1/_{18100}$ des Jupitervolumens ein. Da die Masse nach *Laplace* 0,000042659 beträgt, so ist seine Dichtigkeit 0,2496 also geringer als die des Jupiter. Die grösste Dauer seiner Finsternisse ist 4^h 44′ 50″, die kleinste Null, d. h. er kann unverfinstert vorübergehen. Seine Finsternisse sind an eine grosse, dem halben Jupitersumlauf nahe gleiche Periode geknüpft, so dass er $2\,^3/_4$ Jahr hindurch keine Finsternisse und sodann $3\,^1/_6$ Jahr lang bei jedem Umlauf eine solche bringt.

Er unterscheidet sich von den übrigen Jupitersmonden durch eine etwas dunklere, mehr bläulichtgraue Färbung weshalb er auch gewöhnlich als der schwächste erscheint, obgleich er an Grösse nur dem dritten in etwas nachsteht. Doch bleibt sich dies nicht gleich und man kann ihn periodisch eben so hell als die übrigen finden. Sein Schatten auf der Oberfläche Jupiters ist nur schwer wahzunehmen und seine Ein- und

Austritte in den Schatten gehen beträchtlich langsamer vor sich als bei den übrigen Trabanten.

§. 140.

Allgemeine Bemerkungen über das Jupiters-System.

Die Wechselbeziehung, in welcher Jupiter mit seinen Trabanten steht, bietet uns einen so reichen Stoff zu Betrachtungen der mannichfaltigsten Art, und giebt uns über die Constitution des gesammten Sonnensystems so unerwartete und wichtige Aufschlüsse, dass es der Mühe verlohnen dürfte noch etwas länger dabei zu verweilen.

Das Partialsystem Jupiters stellt sowohl dem Raum als der Zeit nach, ein Bild des Planetensystems im Kleinen dar. Die Millionen von Meilen sind hier durch Tausende, die Jahre durch Tage repräsentirt, der Centralkörper gleichfalls durch einen tausendmal kleineren, und in den Perioden der wechselseitigen Störungen, welche sie auf einander ausüben, nehmen Jahrzehnde die Stelle von Myriaden Jahren im Planetensystem ein.

Von den grossen und langsamen Veränderungen, welche in letzterem vorgehen, belehrt uns bis jetzt ausschliesslich die Theorie, denn das Menschengeschlecht beobachtet den Himmel noch nicht lange genug, um sie direkt wahrzunehmen. Sie würden jeder praktischen Gewähr entbehren, zeigten sie sich nicht im Jupiterssystem in ganz gleicher Art, aber in tausendmal kürzeren Perioden. Die Bedingungen des Gleichgewichts und der Stabilität können im Jupiterssystem am besten studirt werden, und die kühnen, Aeonen umfassenden Schlüsse des Analysten sind auch selbst in Beziehung auf die Jetztwelt keine Speculation mehr, denn hier finden sie ihre volle Anwendung.

Die Arbeiten, welche wir den grossen Analysten der letzten 50 Jahre, namentlich *Lagrange*, *Delambre* und *Laplace*, über die Bewegungen der Jupiterstrabanten verdanken, haben deshalb eine viel allgemeinere Wichtigkeit. Die grosse Ausführlichkeit vieler hierher gehörigen Bestimmungen, namentlich der Umlaufszeiten auf Zehntausendtheile der Zeitsekunden, ist keinesweges fiktiv: die höchst scharfsinnige, über alle Schwierigkeiten siegreiche Analyse, verbunden mit sehr genauen und lange Zeit fortgesetzten Beobachtungen, hat eine solche Präcision der Daten möglich gemacht.

Die gegenseitige Abhängigkeit der Trabanten von einander wird man am besten übersehen, wenn wir die Formeln

fortsetzen nach denen die numerischen Bestimmungen entwikkelt werden.

Man nenne l_1, l_2, l_3, l_4 die mittleren Längen des 1 2 3 4 Trabnt.
p_3, p_4 die Prinzipien des 3 4 „
v_1, v_2, v_3, v_4 die wahre Länge des 1 2 3 4 „
A die mittere Anomalie Jupiters

so hat man folgende Gleichungen

$$v_1 = l_1 + 27' 16'',4.\ \sin. 2\ (l_1 - l_2)$$
$$v_2 = l_2 + 1^0 4' 22'',3\ \sin. 2\ (l_2 - l_3) - 36'',07\ \sin. A.$$
$$v_3 = l_3 + 9' 13'',7\ \sin. (l_3 - l_3) + 4'5'',1\ \sin. (l_3 - p_4) - 4'21'',8\ \sin. (l_2 - l_3) - 47'',76\ \sin. A$$
$$v_4 = l_4 + 50' 2'',0\ \sin. (l_4 - p_4) - 1'11'',5\ \sin. (l_4 - p_3) - 1' 53'',33\ \sin. A.$$

Mehrere kleinere Correctionen sind hier übergangen, um die Formeln nicht zu sehr zu verwickeln. Die beim 2. 3. und 4. Trabanten vorkommenden Glieder mit dem Argument A sind Analoga der in der Bewegung unsers Mondes erscheinenden jährlichen Gleichung. Der 1. Trabant hat nur vom zweiten eine merkliche Störung zu erleiden, so wie der zweite vom dritten.

Der dritte und vierte stören sich gegenseitig so, dass jeder von ihnen eine doppelte Mittelpunktsgleichung hat, die eine abhängig von seinem eignen Perijovium, die zweite abhängig vom Perijovium seines Nachbartrabanten. — Diese Perijovien selbst haben starke Bewegungen, beim 3ten Trabanten jährlich 2° 36′39″, 17; beim 4ten 42′ 58″,73.

Die Knoten der wirklichen Trabantenbahnen auf ihrer mittleren Bahn laufen rückwärts, und von dem Orte dieses Knotens hängt die jedesmalige wahre Neigung gegen die Bahn Jupiters ab. Beim 1. Trabanten ist die Abweichung von der mittleren Bahn ganz unmerklich, beim zweiten laufen die Knoten in 29,8798 Jahren, beim 3. in 140,971 Jahren; beim 4. in 520,712 Jahren um den Himmel herum.

§. 141.

Die Verschiedenheiten des Lichtglanzes der Trabanten deren im Vorigen gedacht worden ist, können begreiflicherweise nicht von einem Phasenwechsel herrühren: ein solcher findet für unsern Anblick nicht allein gar nicht statt, sondern würde auch, wenn er stattfände alle Trabanten in gleichem Maasse treffen und könnte in ihren relativen Unterschieden keine Veränderung bewirken. Gleichwohl ist bald der dritte der hellere bald der erste; einmal treten der 2. und noch mehr der 4. gegen die übrigen entschieden zurück, ein andres Mal unmerk-

lich oder gar nicht. Dass sie ihren Grund ferner nicht in der grössern oder geringern scheinbaren Entfernung des Trabanten vom Jupiter habe lehrt eine genaue Vergleichung der dahin bezüglichen Beobachtungen, wie namentlich der ältere *Herschel* sie angestellt hat. Vielmehr muss der Grund dieser Erscheinung in einer verschiednen Reflexionsfähigkeit der einzelnen Oberflächentheile des Trabanten gesucht werden, die uns, wenn wir näher ständen, als Flecke erscheinen würden, wie man denn in der That am 4. Monde etwas fleckenähnliches gesehen haben will (er erscheint zuweilen an seinen Rändern heller, so dass er fast das Ansehen eines kleinen Ringes hat). So sind diese Bemerkungen ein Mittel geworden, die Rotationsperiode der Monde zu bestimmen, und *Herschel* findet diese, ganz wie bei unserm Monde, der Umlaufsperiode völlig gleich.

Ein gleiches Resultat (wiewohl nur für den 1. und 2. mit Bestimmtheit) erhielt ich aus einer Reihe von Beobachtungen im J. 1835 über die relative Helligkeit der 4 Trabanten. Der dritte schien sich wenig oder gar nicht zu verändern, am auffallendsten waren die Veränderungen des 2. und 4. Trabanten. Für den letztern erhielt ich (mit Ausnahme einer widersprechenden Beobachtung) ebenfalls das *Herschel*sche Resultat.

Der Grund dieser Erscheinung ist gewiss kein andrer als die Anziehung Jupiters, der diese Umdrehungszeiten, wenn sie anfangs auch nur beinahe den Umlaufszeiten gleich waren, ihnen bald völlig gleich machen musste, und dies um so mehr als die Masse des Hauptplaneten so überwiegend gross ist. Folglich wenden diese Monde (bis auf eine kleine Libration, die viel geringer als bei unserm Monde ist) ihrem Hauptplaneten stets dieselbe Seite zu.

Es giebt also auf den Jupitersmonden Seiten, welche nie den Hauptplaneten sehen, andre welche ihn stets erblicken, und eine Randzone, die auf dem innersten Trabanten am breitesten ist, in der man nur einen Theil der Jupiterskugel (und zwar einen etwas veränderlichen) erblickt. Für einen gegebenen Ort auf einem Jupitersmonde schwebt also die Riesenkugel stets an einer und derselben Stelle des Himmels mit sehr geringen, auf einige Zehntel des Jupiterdurchmessers sich beschränkenden, Veränderungen. Dagegen giebt es auch auf der Jupiterskugel Gegenden, welche theils einige, theils alle Monde stets unter ihrem Horizont haben, nämlich die Gegenden in der Nähe der Pole. Die sehr bedeutende Parallaxe erniedrigt

nämlich die Monde, wenn sie nahe dem Horizont stehen, um 2 bis 10 Grade, und da sie fast ganz in der Ebene des Jupiteräquators laufen, so bleiben sie den Umwohnern der Pole bis auf gewisse Distanzen stets verborgen.

Die Jupiterskugel erscheint den Trabanten unter folgenden scheinbaren Grössen:

	Aequator-Durchmesser	Polar-Durchmesser.
dem 1 Monde	„ 19° 46′	18° 19′
„ 2 „	„ 12 23	11 28
„ 3 „	„ 7 45	7 11
„ 4 „	„ 4 24	4 5

Die Hälfte dieser Grössen sind die Horizontalparallaxen der Monde resp. für den Aequator und die Polarregionen, und die Neigungen der Bahnen gegen Jupiters Aequator bleiben weit unter diesem Werthe. So wird also

der 1. Trabant nicht mehr gesehen jenseit des 81° der N. oder S. Breite
2. 85½
3. 86¾
4. 88¼

Statt dass also auf unsrer Erde während der langen Nacht der Pole, der Mond um die Zeit der Opposition mehrere Tage hindurch, gar nicht untergeht, ja für die Pole selbst 14 Tage lang ununterbrochen (und zwar im Winter jedesmal während der Lichtperiode) über dem Horizont bleibt, wird die 6 Jahr lange Polarnacht Jupiters durch keines Mondes Schein gemildert.

Doch auch selbst den Bewohnern des Aequators, die dort in Bezug auf Mondschein noch am günstigsten gestellt sind, geht noch, verglichen mit uns Erdbewohnern, viel davon verloren. Der erste Mond steht z. B. während seiner $42^h 28' 36''$ haltenden synodischen Umlaufsperiode, in Folge der fast 10° betragenden Parallaxe, nur $18^h 54' 27''$ über, dagegen $23^h 34' 9''$ unter dem Horizont eines gegebenen Ortes. Von ersteren fallen $9^h 27' 13''$ in die Nächte, allein hiervon subtrahiren sich noch $2^h 15'$ für die Dauer der jedesmaligen Finsterniss, es bleiben also nur $7^h 12'$ d. h. ein Sechstel der ganzen Zeit, wirklicher Mondschein übrig, während welcher Zeit die Scheibe des Mondes übrigens nie wirklich voll wird, so dass das Beste des Mondscheins constant verloren geht. Für jede andre nördliche oder südliche Breite auf Jupiter sind die Beschränkungen, im Verhältniss des Abstandes zum Aequator, noch grös-

ser als die hier angegebenen. Der 1. Mond wie wir gesehen haben, erleuchtet zusammen nur $^1/_3$ der Jupitersnacht des Aequators, in 64° Br. ist dies nur $^1/_4$, in 69° nur $^1/_5$ u. s. w. bis er sich unter 88° Br. auf Null reducirt. Für die übrigen schwächer leuchtenden Monde (denn das Licht der drei entferntern zusammengenommen ist nicht so stark als das des ersten) beträgt der Ausfall, den die Parallaxe und die Finsternisse veranlassen, allerdings weniger, doch ist er immer auch beim entferntesten noch bedeutend stärker als bei unserm Monde.

Einen Schein wie etwa unser Mond (doch auch nur im Verhältniss zum Sonnenlichte, denn absolut genommen ist alles Licht dort 27 mal schwächer als unter gleichen Umständen bei uns) kann nur der erste Trabant gewähren, der 2te und 3te jeder etwa $^2/_7$ und der 4te $^1/_{15}$ desselben. Auch ist die Behauptung, die man hin und wieder liest, dass jede Nachtstunde Jupiters wenigstens durch einen Mond erhellt werde, irrig; sowohl unter dem Aequator als unter den übrigen Breiten geht manche Nacht ohne allen Mondschein vorüber.

Man hat häufig die grössere Zahl der Monde, welche um die entferteren Planeten kreisen, mit der vermeintlichen Absicht in Verbindung gebracht, diesen Planeten einen Ersatz für das ihnen zu Theil gewordene schwächere Sonnenlicht zu gewähren; ja man hat uns ungemein reizende Schilderungen über dieses „sanfte, mit dem Sonnenlicht sich vermischende Mondlicht“ gegeben. War wirklich dies die Hauptabsicht des Urhebers der Welten bei Bildung der Trabanten, so muss man gestehen dass sie auf eine höchst unvollkommene Weise erreicht sei, da gerade denjenigen Gegenden, die eines solchen Ersatzes am meisten bedürftig wären, das geringste Quantum des Mondscheins zu Theil geworden ist; während es doch so leicht gewesen wäre, diesen „Uebelständen“ durch eine etwas grössere Neigung der Bahnen und eine etwas beträchtlichere Entfernung vom Jupiter bei grösseren Durchmessern der Monde, abzuhelfen.

Umgekehrt kann man dagegen allerdings sagen, dass Jupiter die ihm zugewandte Seite seiner Monde beträchtlich stark erleuchte. So hat z. B. der innerste Mond während seines 42$^1/_2$stündigen Umlaufs 19 Stunden wirklichen Sonnentag, 21$^1/_4$ Stunden Jupitersschein, der dem Tage nicht allzusehr nachsteht, und 2$^1/_4$ Stunde wirklich dunkle Nacht (während der Finsterniss). Für die übrigen Monde ist die Theilung in Tag

und Nacht gleichmässiger, der Jupitersschein dagegen weniger intensiv.

Ueberhaupt aber, wie kann der Mondschein das Mittel sein, einem zu geringen Sonnenschein nachzuhelfen, da die Trabanten nur in demselben Verhältniss wie ihre Hauptplaneten erleuchtet werden? Bei Tage ist ein Jupiters- oder Saturnsmond vollkommen eben so wirkungslos als unser eigner; nur die Nächte könnten also in Betracht kommen. Sind denn aber die 5 stündigen Nächte Jupiters und Saturns etwa dunkler, als die 12 stündigen der Erde oder des Merkur? Für die Nacht ist es ja durchaus gleich ob die Sonne 10 oder 100 Millionen Meilen entfernt sei, und wo bleibt also nun das vermeintlich stärkere Bedürfniss.

In der That, nur unsre Einseitigkeit und Eigenliebe ist es, die den Bewohnern fremder Weltkörper unsre Einrichtungen und Bedürfnisse, und dem allweisen Urheber des Weltalls unsre altklugen Zwecke unterlegt. Wie jeder andre leuchtende oder erleuchtete, grosse oder kleine, primäre oder sekundäre Weltkörper sind auch die Monden Jupiters zunächst und hauptsächlich vorhanden um ihrer selbst willen und nichts weniger als blosse Diener eines andern Körpers. Dies schliesst gegenseitige Wechselbeziehungen und eine allgemeine Harmonie des Ganzen keinesweges aus, nur setze man solche Beziehungen nie als Hauptzweck, und spreche namentlich nicht von einem Bedürfniss des Mondscheins, das sicher weder für die Erde noch für irgend einen andern Weltkörper vorhanden ist, da sonst auf eine weit bessere und vollständigere Weise für die Befriedigung desselben gesorgt sein würde. — Ein Merkurstrabant in einem Abstande wie der der Erde würde (wenn die Massen Merkurs und der Erde m und M, ihre Distanzen von der Sonne d und D sind von der Sonne im Verhältniss von $\frac{M}{m} \cdot \frac{D^3}{d^3}$ d. h. etwa 190 mal stärker gestört werden als der Erdmond; dies würde jede regelrechte Bahn unmöglich machen — deshalb und aus keinem andern Grunde hat Mercur keinen Mond. Ceres und Pallas haben ebenfalls keinen erhalten, denn sie sind zu klein, während die der Sonne 3 mal nähere Erde nicht leer ausgegangen ist. Die Vertheidiger des Beleuchtungszweckes mögen es versuchen, diese in der That groben Incongruenzen aufzuklären*).

*) Teleologische Excurse gehören eigentlich nicht in den Plan die-

§. 142.

In Beziehung auf das Gravitationsverhältniss steht Jupiter in einem sehr starken Gegensatze zu seinen Monden. Während die Fallhöhe in der ersten Sekunde an Jupiters Aequator 32 und an den Polen 42 Fuss beträgt, sind diese Höhen auf seinen Trabanten folgende:

auf dem ersten	0,952	Fuss
zweiten	1,549	—
dritten	2,210	—
vierten	1,455	—

mithin selbst auf dem dritten noch erheblich schwächer als auf unserm Monde, überhaupt aber schwächer als auf irgend einem andern Körper für den uns eine Berechnung dieser Art gestattet ist. Eine vom Jupiter auf einen seiner Trabanten gebrachte Uhr ginge dort um das Vier- bis Sechsfache zu langsam. Uebrigens veranlasst Jupiters Anziehung für die verschiednen Seiten seiner Trabanten, besonders des innersten, einen nicht unbeträchtlichen Unterschied der Schwere und also auch der Fallhöhen.

Unser Mond ist in eine Entfernung vom Hauptplaneten gestellt, welche den 400. Theil der Sonnenentfernung beträgt; der äusserste Jupitersmond steht gegen seinen Hauptplaneten genau in demselben Verhältniss. Mithin wird von der Sonne aus das Erdsystem und das Jupiterssystem unter demselben Winkel gesehen. Die Störungen welche der 4te Trabant von der Sonne erleidet würden also denen unsers Mondes etwa gleich sein wenn Jupiters Masse der der Erde gleich wäre, sie ist aber 340mal grösser und folglich müssen die Störungen beiläufig um eben so viel kleiner sein. In der That beträgt die der Evection analoge Störung des vierten Trabanten nur 21″,69 und die der Variation verwandte 4″,21 im Maximo, und bei den übrigen Trabanten sind diese beiden ganz unmerklich.

Der bereits erwähnte Umstand, dass der zweite Mond bis auf 20⅔ Minuten Ueberschuss die doppelte synodische Um-

ses Werkes und aus diesem Grunde hätte ich es vorgezogen den letzten Theil dieses Paragraphen lieber ganz zu unterdrücken. Allein die gegnerische Meinung ist zu oft und mit zu grosser Bestimmtheit ausgesprochen worden, während so viel mir bekannt, noch Niemand die öffentiche Aufmerksamkeit auf ihren Ungrund geleitet hat, deshalb schien mir diese Digression gleichsam geboten zu sein.

laufszeit des ersten hat, veranlasst jedesmal nach 247 Umläufen des ersten und 123 des zweiten ein Zusammenfallen der Oppositionen beider Trabanten und folglich eine gleichzeitige Verfinsterung derselben, die dann mehreremale hintereinander stattfindet, und diese Periode von 437 Erdentagen theilt das Jupitersjahr sehr nahe in 10 gleiche Theile. In einer solcher Periode vollendet der 3te Mond nahe 61, der vierte 26 synodische Umläufe, jene währen $17^3/_{10}$, diese $40^1/_2$ Jupiterstage. Eine ähnliche grosse Periode findet auch in Absicht der Coincidenzen des 2. und 3. Trabanten statt, und zwar fallen diese letztern in die Mitte des Zeitraums zwischen zweien Coincidenzen des 1. und 2., wogegen die Coincidenzen des 1. und 3. mit denen des 1. und 2. nahe um dieselbe Zeit eintreten, so dass zwischen der gemeinschaftlichen Verfinsterung des 1. und 2. und der des 1. und 3. nur ein synodischer Umlauf des 1. Trabanten liegt. So ereignete sich

am 9. Febr. 1831 die Verfinsterung des 1. und 2. gleichzeitig
am 11. „ „ 1. und 3. „

und dies kehrte nach 437 Tagen wieder. Nach Verlauf der Hälfte dieses Zeitraums aber traf

am 21 Septbr. 1831 gleichzeitig eine Verf. des 1. und 2. Mondes,

was auch schon am 14. Septbr. nahe zu der Fall gewesen war; und dies wiederholte sich gleichfalls nach 437 Tagen. — In Beziehung auf den vierten Mond verwickeln sich diese Perioden schon mehr und leiden überdiess Ausnahmen durch den theilweisen Ausfall seiner Finsternisse. Man könnte also folgende beiläufige Eintheilungen des Jupitersjahrs machen.

das ganze Jahr zerfällt in 20 Coincidenzperioden;
jede Coincidenzperiode in 13 Umläufe des 4. Trabanten;
jeder dieser Umläufe in $40^1/_2$ Tage des Jupiters.

Die 20 Perioden sind indess um 40 Erden- oder 97 Jupiterstage länger als das Jahr Jupiters, so dass in einzelnen Jahren eine Periode ausfallen müsste, umgekehrt wie man bei uns Tage oder auch Monate einschaltet.

Saturn.

§. 143.

Jahrtausende hindurch nahm Saturn die äussersten Grenzen des Planetensystems ein, und jenseit derselben kannte das Alterthum nur die Fixsternwelt und das vermeintliche Primum

mobile. *Halley* hat es zuerst gewagt, einen Cometen über die Grenzen der Saturnsbahn hinauszuschicken und seine glückliche Rückkehr gab Zeugniss dass auch jenseit derselben die Herrschaft der Sonne noch Anerkennung finde und ihre Anziehung noch Bewegungen erzeuge; doch erst im Jahre 1781 ward der Markstein der Planetenwelt durch die Entdeckung des Uranus um das doppelte weiter hinausgerückt. Nunmehr ist Saturn der mittlere der drei grossen Planeten, sowohl der Ordnung als dem Volumen und der Masse nach.

Er umkreiset die Sonne in einem mittleren Abstande von 9,538850 oder 197 $^1/_4$ Millionen Meilen; seine Excentricität ist 0,0560265 mit einer sekulären Abnahme von 0,0003099, der stärksten welche bei den älteren Planeten vorkommt. Hiernach ist seine grösste Entfernung von der Sonne gegenwärtig 10,073278. und seine kleinste 9,004422 oder resp. 208 $^1/_4$ und 186 $^1/_4$ Mill. Meilen; sein Abstand von unsrer Erde wechselt zwischen 165 $^1/_2$ und 229 Millionen. Seine siderische Umlaufszeit beträgt 29 Jahr $166^t\ 23^h\ 16'\ 32''$, seine tropische 29 J. 154 T. $16^h\ 30'\ 10''$; die synodische 1 J. 12 T. 20 St. Seine auf einander folgenden Oppositionen stehen am Himmel nur 12 — 13 Grad auseinander und die tägliche heliocentrische Bewegung in Länge ist nur 2 Minuten. Das Perihelium liegt in $89^0\ 54'\ 41'', 2$ und rückt jährlich siderisch um $19,''\ 32$ vor; die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik beträgt $2^0\ 29'\ 29'', 9$ mit einer jährlichen Veränderung von — $0'', 15$ und der aufsteigende Knoten der Bahn liegt in $112^0\ 16'\ 34'', 2$ und rückt jährlich tropisch um $14'',17$ vor, siderisch um $36'',04$ zurück.

Von der Sonne wird er 91 mal schwächer als die Erde erleuchtet, 81 mal in der Sonnennähe, 101 mal in der Sonnenferne.

Nach *Bessels* sorgfältigen 3 Jahre hindurch fortgesetzte Messungen hat er einen Polardurchmesser von $15'',381$ und einen Aequatoreal-Durchmesser von $17'',053$ in mittlerer Entfernung von Sonne und Erde. Hiernach beträgt seine Abplattung $^1/_{10,2}$ und sie ist folglich noch um ein Beträchtliches stärker als die des Jupiter. *Herschel* glaubte auch eine eigenthümliche Figur des Saturn wahrgenommen zu haben, so das nicht allein die Pole, sondern auch die Aequatorealzonen rings herum abgeplattet seien und die beiden grössten Durchmesser etwa unter 35^0 der nördlichen und südlichen saturnigraphischen Breite ausliefen, doch haben *Bessels* genaue, unter sehr günstigen Umständen angestellte Messungen dies als unbegründet

gezeigt, wie es denn auch theoretisch unerklärlich wäre. — In den Oppositionen kann der Aequatordurchmesser auf 20",3 steigen, sich aber in den Conjunctionen auf 14",7 vermindern.

Hieraus und aus den angeführten Abständen folgt nun weiter ein wahrer Durchmesser des Saturn-Aequators von 16305 und einer der Pole von 14696 Meilen. Der mittlere, d. h. der Durchmesser einer Kugel vom Volumen des Saturn, beträgt 15769 Meilen und er übertrifft hiernach die Erde an Grösse 772 mal, oder er ist etwas mehr als die Hälfte des Jupiter-Volumens.

Nach *Bessels* Untersuchungen über die Bahn des 6. Saturnstrabanten beträgt ferner seine Masse $^1/_{3500,2}$ der Sonnenmasse. Das ist aber die Gesammtmasse des Saturnsystems, wie sie z. B. bei den von ihm veranlassten Störungen in Rechnung kommen muss und von welcher der Ring einen nicht ganz unbeträchtlichen Theil einnimmt (s. weiter unten). Für den Saturnskörper selbst bleiben $^1/_{3530,1}$ und hiernach ist Saturn nur 100,4 mal schwerer als unsre Erde. Da er aber 772 mal grösser ist, so wird seine Dichtigkeit nur 0,130 der Erd-Dichtigkeit oder etwa $^1/_8$; beiläufig die des Tannenholzes. Da nun aber eine ähnliche Rechnung wie die oben für Jupiter geführte uns belehrt, dass eine vorausgesetzte homogene Dichtigkeit der Saturnskugel auf eine noch weit stärkere Abplattung führt, so ist auch Saturn eben so wie Erde und Jupiter, im Innern beträchtlich dichter als an der Oberfläche, so dass für diese nur etwa die Dichtigkeit des Korkes übrig bleibt. Jedenfalls steht sie also tief unter der des Wassers und wir kennen keine tropfbare Flüssigkeit, welche die Dichtigkeit des Saturn nicht überträfe. Mit Ausnahme der Kometen kennen wir keinen Weltkörper von so geringer Dichte.

Er erscheint in einem mattröthlichen Lichte, zwar als Stern erster Grösse aber doch beträchtlich kleiner als Jupiter, ja kleiner als Mars in seiner günstigsten Stellung. Doch ist der wahrgenommene Unterschied zwischen Saturn und Mars viel zu unbeträchtlich als dass er der Berechnung, nach welcher Mars 60 mal heller als Saturn sein müsste, entsprechen könnte, diese Wahrnehmung bestätigt also, was wir schon aus der Vergleichung zwischen Jupiter und Mars über die Lichtabsorption des letztern gefolgert haben. Denn auch bei Saturn kann die Lichtentwickelung, welche unabhängig von der Sonne statt findet, nicht so beträchtlich sein dass sie den Glanz des

Planeten bemerkbar zu erhöhen im Stande wäre, da die Schatten auch auf ihm sich in ziemlicher Schwärze darstellen.

Ein grauer, rings um die Kugel sich erstreckender und beiläufig wenigstens den Aequator bezeichnender Streifen zeigt sich constant, er ist schwerer sichtbar als die Jupitersstreifen und fällt wie diese nach dem Rande des Planeten zu unbestimmt ab; er scheint von ähnlicher Natur als die Jupitersstreifen zu sein und nur die beträchtliche Entfernung hindert uns, seine Ungleichheiten eben so gut wie bei jenen wahrzunehmen. Indess ist es *Herschel* gelungen, fleckenartige Verdeckungen in ihm wahrzunehmen, welche, obwohl weit unbestimmter als die Jupitersflecke, ihm dennoch eine Rotation von $10^h\,29'\,17''$ erkennen liessen. Indess ist die Bestimmung noch unsicher und späteren Beobachtern hat sich noch keine Gelegenheit gezeigt sie zu prüfen. Auch erblickte *Herschel* mehrere Streifen, doch so dass der gewöhnlich sichtbare der intensivere war. — Nehmen wir die obige Rotation an, so folgt für ein Saturnsjahr die beträchtliche Summe von 24620 Tagen (10759 Erdentage).

Dieser Rotationsschwung, verbunden mit der beträchtlichen Abplattung, setzt die Schwerkraft welche am Aequator Saturns stattfindet, fast auf die Hälfte derjenigen herab, die den Polen zukommt. Letztere ist 1,37 der Schwerkraft an den Erdpolen, und die Fallhöhe beträgt 20,74 Fuss; am Saturns-Aequator dagegen ist sie nur 11,41 Fuss und die Schwerkraft 0,75 der auf der Erde stattfindenden. 100 Pfd. auf der Erde wiegen folglich an Saturns Polen 137 und am Aequator 75 Pfund, der stärkste Unterschied dieser Art, den wir im Sonnensystem kennen.

§. 144.

Jedoch die merkwürdigste Eigenthümlichkeit des Saturn sind die ihn concentrisch umgebenden, sehr breiten und dabei sehr dünnen Ringe. Sie schweben frei in der Ebene des Aequators Saturns, dem also nur die innere schmale Kante des innersten Ringes zugewandt ist; will man die breiten Flächen dieses und der übrigen Ringe sehen, so muss man, sei es auf dem Saturn oder wo sonst immer im Weltraume, sich aus der Ebene des Saturn Aequators nach Norden oder Süden entfernen.

Bessel hat den äussern Durchmesser des äussern Ringes durch 44 Messungen mit dem grossen Königsberger Heliometer auf 39″,311 in der mittlern Entfernung Saturns bestimmt; was

auf einen wirklichen von 37587 Meilen führt. Der innere Durchmesser beträgt, nach andern Messungen, 26″67, was 25492 Meilen giebt. Die ganze Breite sämmtlicher Ringe beträgt hiernach, die Zwischenräume mitgerechnet, 6047 Meilen, und der Abstand von der Oberfläche Saturns (unter seinem Aequator) 4594 Meilen. Ihre Dicke ist jedenfalls sehr unbeträchtlich.

Als nach Erfindung des Fernrohrs im Anfange des 17. Jahrhunderts die grossen und ungeahnten Entdeckungen in rascher Aufeinanderfolge begannen, gewahrte man auch diese Erscheinung, doch anfangs nicht recht deutlich. Einige Astronomen nannten den Saturn dreifach (tergeminus). Man hatte zwei rundliche Körper rechts und links bei Saturn gesehen und anfangs für Monde gehalten; nach 3 Jahren verschwanden sie allmählig. *Hevel* giebt zuerst eine ziemlich richtige Zeichnung, in welcher Saturn gleichsam mit zweien Henkeln versehen ist: eine befriedigende Erklärung aber vermag er nicht aufzustellen. Endlich in der Mitte des 17. Jahrhunderts kam *Huygens*, unterstützt durch eigne schärfere Beobachtungen, auf die richtige Vorstellung. Der Ring umgiebt freischwebend den Planeten in einer Ebene, die sowohl gegen die Ebene der Saturns- als auch der Erdbahn eine beträchtliche Neigung hat. Wäre diese Neigung $= 90^{0}$, so müssten wir zu Zeiten den Ring als freien Kreis um Saturn schweben sehen, denn die Erde würde sich während eines Saturnjahres einmal im Nord- und ein andresmal im Südpole des Ringes befinden. Dies ist nicht der Fall und die Neigung gegen die Erdbahn ist nur 28° 10′ 34″ deshalb kann der Ring in den beiden äussersten Fällen nur wie Fig. 49. a und b erscheinen, ersteres, wenn sein eigner (und Saturns) Nordpol, letzteres, wenn sein Südpol uns zugewandt ist. (Beide Figuren sind hier so gezeichnet wie sie im astronomischen Fernrohr erscheinen, da der Saturnsring nur selten durch andre beobachtet wird. Ist der Abstand vom Knoten der Erdbahn und Ringebene geringer als ein Quadrant, so wird der Ring eine schmalere Ellipse, etwa wie in c bilden, wo Saturn zu beiden Seiten übergreift, und steht endlich die Erde in der Knotenlinie beider Ebenen (was gleichfalls während eines Saturnumlaufs zweimal geschieht,) so sehen wir keine seiner Flächen, sondern nur die uns zugewendete Hälfte seiner äusseren Kante, die eine grade Linie bildet, aber wie die Erfahrung lehrt, in den äussersten Momenten gar nicht wahrgenommen werden kann. (Nur *Herschel* ist es 1789 geglückt, den Ring auch in dieser Lage fortwährend als zarte Linie wahrzunehmen).

Es sei der Abstand des Saturn vom Knoten der Ringebene in der Erdbahn = m, die Neigung beider Ebenen gegeneinander n und die grosse Axe der optischen Ringellipse = a, so ist die kleine Axe b derselben

$$b = a. \sin. m \sin. n$$

und es ist mithin leicht, aus den bekannten Oertern Saturns, seiner Distanz, und dem Knoten und Neigung der Ringebene die jedesmalige kleine Axe zu bestimmen.

Huygens Erklärung hat sich im Ganzen durch alle folgenden Beobachtungen bestätigt, nur im Einzelnen haben uns die genauern Beobachtungen seit *Herschel* mit folgenden Thatsachen bekannt gemacht:

1) Der Ring ist nicht einfach, sondern besteht aus mehreren concentrischen, durch leere, ringsherum sich erstrekkende Zwischenräume getrennten Ringen von ungleicher Breite;

2) Die verschiednen Ringe liegen nicht genau in einer Ebene, sondern ihre Ebenen haben kleine Neigungen gegen einander und gegen den Aequator Saturns; die Ringe sind ferner nicht mathematisch genau construirte Körper, sondern sie zeigen sowohl Unebenheiten als auch einzelne Verbiegungen:

3) Das gemeinschaftliche Centrum der Ringe fällt nicht mit dem Centro Saturns zusammen. Indess sind die in 2. und 3. angegebenen Abweichungen so klein, dass es sehr genauer Beobachtungen bedurft hat um der Thatsache nur im Allgemeinen gewiss zu werden und dass wir noch keine feste numerische Bestimmungen über diese Abweichungen geben können.

In Betreff des ersten Faktums fand zuerst *Herschel* 1787, dass der bis dahin für einfach gehaltne Ring in zwei von ungleicher Breite getheilt sei, und die nach 1789 gemachten Beobachtungen, bei denen die andre Seite des Ringes zu Gesicht kam, bestätigten das Vorhandensein einer wirklich offnen Lücke. (Wäre die Theilung nur an der einen Fläche wahrgenommen worden so war eine andre Erklärung möglich: es konnte blos eine dunkle Zone des einfachen Ringes sein. Früher schon hatten *Cassini* und einige andre Beobachter Aehnliches gesehen, nur nicht so bestimmt als *Herschel*, und deshalb auch keine entscheidende Erklärung wagen können.)

Spätere Beobachter, namentlich *Kater* und *Encke*, haben noch eine zweite Theilung ausserhalb der älteren *Herschel*schen wahrgenommen, die den äussern schmalern Ring abermals in zwei von ungleicher Breite sondert; und die Astronomen des Collegio Romano haben einer neueren Nachricht zufolge ausser

den erwähnten noch 3 Theilungen bemerkt, sämmtlich im äussern Ringe, während diesseits der alten *Herschel*schen Theilung auf dem innern Ringe nie eine solche mit Sicherheit wahrgenommen ist. Messungen sind indess nur für den innern Ring und die ältere Theilung vorhanden; und nach ihnen kommen von jenen 6047 Meilen Breite des Ganzen

3733 auf den inneren Ring

387 auf den grossen Zwischenraum

1927 auf die äussern Ringe mit Inbegriff der einzelnen Zwischenräume.

Bedenkt man dass selbst in der günstigsten Stellung Saturns gegen die Erde 800 Meilen doch nur eine Sekunde gross erscheinen, so ist es begreiflich, wie diese kleineren Theilungen so lange verborgen bleiben konnten.

In Betreff des zweiten Punktes hat bereits *Laplace* durch die Theorie wahrscheinlich gemacht, dass Ungleichheiten irgend welcher Art in den Ringen vorhanden sein müssten, da bei vollkommener Symmetrie und Hemogeneität das Gleichgewicht sich nicht würde erhalten können bei der geringsten von Aussen kommenden Störung, wie denn auch aus eben diesen Untersuchungen hervorging dass ein Umschwung der Ringe um Saturn nothwendig sei. Das Vorhandensein von Ungleichheiten gebirgiger Art hat nun bereits *Herschel* durch Beobachtungen nachgewiesen; er fand fünf heller glänzende Punkte auf dem Ringe, welche nicht Trabanten sein konnten, und vermittelst deren er auch die Rotation desselben auf $10^h\ 32'$ bestimmt (wahrscheinlich ist sie der des Saturn selbst gleich und beide sind etwa $10^h\ 30'$ in runder Zahl.) Doch auch Ungleichheiten andrer Art müssen nothwendig vorhanden sein, denn aus *Bessels* Untersuchungen aller von 1700 bis 1833 um die Zeit des Durchgangs der Erde oder Sonne durch die Ebene des Ringes angestellten Beobachtungen folgt, dass er oft noch gesehen worden ist, wenn er nach der für eine mittlere und gleichförmige Ebene geführten Rechnung schon hätte unsichtbar sein sollen, und dass überhaupt die Phänomene des Verschwindens und Wiedererscheinens durchaus nicht conform, selbst nicht für denselben Beobachter und dasselbe Fernrohr, sich zeigten. Mehrere, wie *Schwabe* in Dessau sahen die zarte Linie welche der Ring kurz vor dem Verschwinden bildet, sich in Punkte auflösen, die jedoch zu beiden Seiten an Zahl und Lage verschieden waren; andre sahen die Linie auf der einen Seite früher verschwinden als auf der andern, es müssen also soge-

nannte windschiefe Stellen in den Ringen vorkommen, oder sie nicht genau in derselben Ebene liegen.

Die Exentricität des Ringes endlich folgt am bestimmtesten aus *Struve's* Messungen. Auch *Schwabe, Harding, Herschel* und *South* haben sie wahrgenommen; sie scheint etwa eine Viertelsecunde zu betragen (200 Meilen). Die Neigung der Ringebene gegen die Ekliptik ist 28° 10′ 34 und ihr aufsteigender Knoten in derselben 167° 16′ 23 (für 1830). Hieraus ergiebt sich die Neigung gegen die Saturnsbahn 26° 49′ 17″ und der aufsteigende Knoten in derselben 171° 17′ 34″.

§. 145.

Der innerste und breiteste Ring zeigt keine Spur einer Theilung, und seine Fläche glänzt noch etwas heller als die Fläche des Planeten. Gleichwohl zeigt sich am innersten Rande dieses Ringes eine Trübung, welche diesen Rand weniger scharf erscheinen lässt und ein Hinderniss genauer Messungen ist, während der äussere Rand desselben, der gegen die grosse Theilung gerichtet ist, sich sehr scharf absetzt und dadurch auch mit dem ihm gegenüberstehenden Rande sehr kontrastirt. Die Räume zwischen Ring und Saturn, so wie zwischen den einzelnen Ringen selbst, scheinen die volle Dunkelheit des Himmelsgrundes zu haben.

Bessel hat (durch die störenden Wirkungen des Ringes auf die Bahn des 6. Trabanten) seine Masse zu bestimmen versucht, die er $= \frac{1}{118}$ der Saturnsmasse findet. Da uns eine Dimension desselben (die Dicke) unbekannt ist, so sind wir nicht im Stande von dieser Masse einen Schluss auf die Dichtigkeit der Ringe zu machen. Nimmt man indess an, dass diese Dichtigkeit der des Saturns selbst gleich sei, so kann man umgekehrt unter dieser Voraussetzung die Dicke bestimmen: sie findet sich $29\frac{3}{5}$ geogr. Meilen, was von der Erde aus gesehen für die Oppositionen Saturns nur etwa $\frac{1}{30}$ Sekunde beträgt. Hieraus ist es begreiflich, dass der Ring selbst für starke Vergrösserungen gänzlich verschwinden kann.

Indess ist es nicht wahrscheinlich, dass die Ringe eine überall gleiche Dicke haben, da abgesehen von den jedenfalls sehr grossen Unebenheiten und Unregelmässigkeiten derselben ihre Querdurchschnitte keineswegs Rechtecke sein können sondern vielmehr wahrscheinlich äusserst schmale und lange Ellipsen sind; so dass das was wir ihre Kanten nennen, nicht scharf abgesetzte Ecken sondern starke Krümmungen sind. So hat es wenigstens *Laplace* aus seinen theoretischen Untersuchungen über die Entstehung des Ringes gefolgert.

Es kann übrigens der Ring noch aus zwei andern Ursachen uns unsichtbar werden. Wenn seine erweiterte Ebene durch die Sonne geht, so bescheint diese nur die äussere Kante des äussern Ringes und keine der beiden Flächen, und wir sind also dann in dem gleichen Falle als ginge die Ebene des Ringes durch die Erde. Aber auch in der Zwischenzeit der beiden Momente, während welcher die erweiterte Ebene zwischen Erde und Sonne hindurchgeht, sehen wir nichts von ihm, denn wir haben die dunkle Fläche vor uns, während die von uns abgewendete von der Sonne beschienen wird.

So kann es sich ereignen, dass nach Ablauf eines halben Saturnsjahres der Ring für uns verschwindet, nach einigen Monaten wieder erscheint, bald darauf abermals verschwindet und dann erst bleibend wieder erscheint. Durch die hinzukommende Bewegung der Erde um die Sonne in einer sowohl gegen die Saturnsbahn als gegen die Ebene des Ringes geneigten Bahn verwickelt sich einigermassen die Folge dieser Erscheinungen und bedarf für jede Wiederholung einer besondern speciellen Vorausberechnung des Verlaufes.

Das nächste Verschwinden des Ringes ist im J. 1847 zu erwarten, wogegen 1840 und 1855 zu denjenigen Jahren gehören, wo er uns am weitesten geöffnet erscheint.

§. 146.

Wenn aber schon von der Erde aus betrachtet dieses Ringsystem Saturns eines der wunderbarsten und grossartigsten Phänomene bildet die der gestirnte Himmel uns darbietet, so ist eine Betrachtung der Erscheinungen, welche Saturn und sein Ring sich gegenseitig darbieten, vollends geeignet uns in das grösste Erstaunen zu versetzen. Eine übersichtliche Darstellung dieser Erscheinungen hat uns schon vor mehr als funfzig Jahren *Bode* im Jahrbuch für 1786 p. 138 — 148 gegeben, doch konnte dies bei der damals noch sehr unvollkommenen Kenntniss der Gestalt und Grösse der hier zu betrachtenden Körper nur mangelhaft sein. Wir sind jetzt im Stande, genauere Maassverhältnisse zum Grunde zu legen, die Theilung, die Abplattung Saturns und andre speciellere Verhältnisse in Betracht zu ziehen und so uns ein sehr vollständiges Bild dieser Erscheinungen zu verschaffen.

Nicht für alle Gegenden Saturns ist der Ring sichtbar. Wenn man die äusserste Kante durch I, den Anfang der grossen Theilung durch II, das Ende derselben, also die äussere Kante des innern Ringes durch III. und die innerste Kante

durch IV. bezeichnet, und man von einem Pole Saturns aus nach dem Aequator zu sich bewegt, so beginnt die Sichtbarkeit

von	I.	unter	66° 36′	saturnigraphischer	Breite
„	II.	„	63 37	„	„
„	III.	„	62 57	„	„
„	IV.	„	53 28	„	„

während in höheren Breiten die Ringe stets unter dem Horizont bleiben. Unter dem Aequator steht man ihnen am nächsten und sie gehen hier von O nach W durchs Zenith, allein man sieht nur die innere schmale Kante, und der Ort, wo sie in ihrer grössten Breitenerstreckung gesehen werden, liegt auf der Saturnskugel unter 37° 30′, wo das ganze System 15° 26′,2 in der Breite einnimmt. Der innere Ring allein betrachtet erscheint am breitesten unter 35° 30′, nämlich 11° 26′, 5; die grosse Theilung ist am besten sichtbar unter 42° 45′ wo sie 47′,2 in der Breite einnimmt.

Für eine bestimmte Gegend der Saturskugel behalten die Ringe stets eine bestimmte Lage am Himmel, und bilden grosse Bogen, parallel der täglichen Bewegung der Sonne und der übrigen Gestirne. Während des Sommerhalbjahrs einer jeden Halbkugel vollendet die Sonne ihren täglichen Lauf oberhalb dieser Bogen und man sieht ihre erleuchtete Seite sowohl bei Tage als bei Nacht, doch fehlt während der letztern ein vom Saturnschatten getroffenes Stück, welches Abends im Osten, um Mitternacht im Süden (und resp. Norden) und Morgens im Westen liegt. Um Mitternacht gewähren dann die erleuchteten Theile den in Fig. 52 dargestellten Anblick.

A B ist der südliche (nördliche) Horizont einer ausserhalb des Aequators und innerhalb der oben angegebenen Sichtbarkeitsgrenzen gelegenen Landschaft Saturns: A C D B ist die äusserste, K E F L die innerste, dem Saturn zugewendete Kante. Der Theil E C D F ist durch den Schatten der Saturnskugel verdunkelt, das Uebrige sind grosse leuchtende Bogen, und in G und H beginnen die Lücken, welche die Haupttheilung des Ringes bezeichnen. Während der kürzesten Sommernächte erreicht Saturns Schatten nicht mehr die äusserste Kante, die Lücke C D ist also alsdann nicht vorhanden und das beschattete Stück ist durch die punktirte Linie begrenzt. Auf diese Weise muss die Dunkelheit der kurzen Sommernächte für Saturn durch den Ring bedeutend gemildert werden, weit mehr als dies durch unsern Vollmond geschieht.

Während des Winterhalbjahrs dagegen sieht man nicht

allein nichts vom Ringe, sondern er raubt auch den Bewohnern Saturns einen grossen, ja einigen Gegenden den grössten Theil des Lichtes, was sie ohne ihn von der Sonne empfangen würden. Sobald nämlich das Herbstäquinoctium eintritt, verdunkelt sich fast plötzlich das ganze Ringsystem und sein Ort am Himmel ist alsdann nur dadurch wahrnehmbar, dass er eine beträchtliche Anzahl von Sternen fortwährend verdeckt. Man sieht die Sonne in ihren Tagesbogen dem Ringe täglich näher kommen und endlich die äusserste (obere) Kante desselben erreichen, womit eine grosse Sonnenfinsterniss beginnt, welche mehrere Erdjahre dauert. Sie wird auf eine kurze Zeit durch die Theilungen, welche für den Sonnenschein offne Lücken gewähren, unterbrochen und die Mitte dieser grossen Finsterniss fällt mit der Mitte des Winters zusammen, ausser in den Gegenden, wo die Sonne unterhalb des Ringes in den kürzesten Tagen wieder zum Vorschein kommt, was zwischen dem $23^{10}/_{3}$ nördlicher und südlicher Breite geschieht. Die längste Dauer der Finsternisse findet für die saturnigraphische Breite 23° 27′ statt wo sie mit einer 188tägigen (nach Erdentagen gezählt) beginnt, sodann 52 Tage lang durch die Theilung unterbrochen wird, hierauf 3261 Tage lang durch den innern Ring stattfindet abermals 52 Tage unterbrochen ist und mit einer 188tägigen Finsterniss schliesst. Zehn Erdjahre hindurch hat also diese Saturnsgegend im Winter keinen Sonnenschein.

Für die übrigen Gegenden der Kugel übersieht man die Dauer der Finsterniss (wovon die durch die Theilung veranlassten Unterbrechungen abzuziehen sind) aus folgender kleinen Tafel.

	Vom Anfang bis zu Ende der Finsterniss verfliessen Erdentage.	Unterbrechungen durch die grosse Theilung. Erdentage	Unterbrechung in der Mitte des Winters. Erdentage.
unter 5° Breite	2 × 203	2 × 9	4633
10	2 × 484	2 × 24	3708
15	2 × 756	2 × 30	2829
20	2 × 1141	2 × 42	1691
25	3640	2 × 53	—
30	3312	2 × 68	—
35	3037	2 × 84	—
40	2714	2 × 105	—
45	2451	2 × 144	—

	Vom Anfang bis zu Ende der Finsterniss verfliessen Erdentage.	Unterbrechungen durch die grosse Theilung. Erdentage.	Unterbrechung in der Mitte des Winters. Erdentage.
unter 50° Breite	2230	2 × 182	—
55	2051	2 × 267	—
60	1955	740	—
65	1871	—	—

Hiernach ist es keinem Zweifel unterworfen dass die von früheren Astronomen häufig geäusserte Ansicht, als sei der Ring bestimmt dem Saturn etwas mehr Licht zu verschaffen, gänzlich fallen muss. Saturn würde ohne seinen Ring weit mehr Sonnenlicht geniessen als unter den angegebenen Umständen. Er raubt ihm den grössten Theil des Lichts zu einer Zeit, wo es ihm ohnehin sparsam zugemessen ist, und der Ersatz welchen er dafür in den kurzen Sommernächten leistet, wiegt jenen Verlust bei weitem nicht auf. Er veranlasst eine weit stärkere Verschiedenheit des Sommers und Winters, als ohne ihn stattfinden würde, und für die Bewohner derjenigen Zonen Saturns, welche unsern kalten analog sind, ist er gar nicht vorhanden: da diese ihn nie zu Gesicht bekommen so kann er ihnen weder Licht spenden noch rauben. So bewirkt er fast das direkte Gegentheil von dem, was man ihm früher als Bestimmung unterlegte.

Wir werden uns in solchen speciellen Fällen stets vergebens bemühen, die Absichten, welche der Schöpfer des Weltalls verfolgte, mit Entschiedenheit anzugeben und werden uns stets auf Vermuthungen beschränken müssen. Umgekehrt mögen wir aus der obigen Darstellung schliessen, dass der Verlust an Licht, der für Saturn durch den Ring entsteht, keine nachtheiligen Folgen für ihn habe, was auf eine gänzlich verschiedne Naturökonomie jenes Weltkörpers von der bei uns stattfindenden deutet. Wahrscheinlich hat für die entferntern Planeten die Sonne überhaupt nicht die Bedeutung als für die nähern, auf denen alles von ihrem Licht und ihrer Wärme abhängt, und mit der Zunahme der Distanz ist auch eine der Selbstständigkeit und des eigenthümlichen Lebens verbunden, in welches aber unsre Begriffe nicht mehr passen und für welches gar wohl Gewinn sein kann, was von unserm Standpunkte aus betrachtet als Verlust und Mangel erscheinen muss.

Bleiben wir also einfach bei der Erscheinung, so stehen wir auf sicherm wissenschaftlichen Boden, können den Stand-

punkt verwechseln und fragen, wie Saturn seinen Ringen sich darstelle und was er ihnen sei? Stellt man sich auf eine der Flächen des Ringes, so erblickt man vom Horizont aus die halbe Saturnskugel sich erheben in einer Grösse, wie kein einziger Weltkörper von irgend einem physisch möglichen Standpunkte ausserhalb ihm erscheint. Diese Halbkugel oder richtiger Halbellipse hat für die äusserste Kante einen Aequatoreal-Durchmesser von 51° und einen Polarhalbmesser von 26°,4; für die innerste Kante dagegen steigen diese Werthe auf 82° und 36°,3. Stellt man sich auf die innerste Kante selbst, etwa in der Mitte zwischen beiden Flächen des innern Ringes, so sieht man im Zenith die Kugel Saturns an scheinbarer Grösse unsre Sonne 20000 mal übertreffend und den achten Theil des Himmels einnehmend; der Boden aber, auf welchem der Beschauer steht, spannt sich rechts und links sichtbar zum Himmel empor, und umfasst die Riesenkugel indem er hinter ihr zusammenschliesst, so dass ein Horizont im eigentlichen Sinne nur nach zwei Seiten des Himmels hin, nicht aber rings herum, stattfindet. Welch ein imposantes Panorama!

Jede Seite des Ringes hat $14\frac{3}{4}$ Erdenjahre hindurch Nacht und eben so lange Tag; beide jedoch durch Saturn unterbrochen. In den Nächten erblickt man bei jeder Rotation des Ringes einen Theil der von der Sonne erleuchteten Saturnskugel, doch fehlen die vom Ringschatten selbst getroffenen Theile, die sich als dunkle Längenzonen über die Kugel hinziehen. Der Saturnsschein beginnt im Osten und endet im Westen, während des übrigen Theiles einer Rotation ist völlige Nacht. — Umgekehrt ist der $14\frac{3}{4}$ jährige Tag jedesmal nach $10\frac{1}{2}$ Stunden auf höchstens 2 St. 8 Min. durch Saturns Schatten unterbrochen, und zwar desto mehr, je näher nach Saturn zu eine Gegend des Ringes liegt. In der Mitte des Sommers finden diese Unterbrechungen für die äussersten Gegenden eine Zeitlang nicht statt, wie aus obiger Figur deutlich ist, und die Dauer der Beschattung kann für sie höchstens auf $1^h\,33'$ steigen. Für die innerste Kante dagegen beträgt sie im Minimo $1^h\,50'$, im Maximo $2^h\,8'$.

§. 147.

Es ist im Vorigen eines grauen Streifens erwähnt worden, der sich über Saturns Kugel in der Richtung ihres Aequators hinzieht, so wie der Trübung der innern Kante des innersten Ringes. Beide Phänomene scheinen in naher Verbin-

dung zu stehen und in der gegenseitigen Anziehung Saturns und seines Ringes ihre Erklärung zu finden.

Aehnlich wie der Mond für unsre Erde Ebbe und Fluth bewirkt, so muss auch der Saturnsring eine solche, aber constante, rings um die Kugel sich erstreckende bewirken, und zwar der grossen Nähe und des bedeutenden Durchmessers der Kugel wegen, eine ganz ungleich stärkere als der Mond für die Erde. Es frägt sich nur ob ein Object vorhanden sei, an welchem diese Fluthwirkung sich darstellen könne. Wasser von der Beschaffenheit und namentlich der specifischen Schwere des unsrigen kann freilich auf Saturn nicht angenommen werden da die Dichtigkeit des ganzen Körpers und namentlich der Oberfläche, wie gezeigt worden, beträchtlich geringer ist und Oceane, deren Schwere grösser als die der Continente wäre, mit dem Gleichgewicht des Ganzen nicht wohl bestehen würden: dies hindert aber nicht die Möglichkeit zu setzen, dass irgend eine den hydrostatischen Gesetzen unterworfene Flüssigkeit auf Saturn vorhanden sei. Wenn aber dies der Fall ist, so muss sie durch die Anziehung des Ringes in eine schmale Zone senkrecht unter ihm angehäuft werden, eben so wie umgekehrt die auf dem Ringe selbst befindliche freie Flüssigkeit durch die Gegenwirkung Saturns an die innere Kante gezogen und dort angehäuft werden muss. Dies muss aber gerade solche graue Streifen erzeugen als man beobachtet hat; und hiernach ständen sich gleichsam zwei Fluthringe einander gegenüber, in denen entweder die sämmtlichen oder doch der grösste Theil der flüssigen Massen beider Körper enthalten sind.

Die Trabanten Saturns.

§. 148.

Die 7 Trabanten von denen Saturn auf seiner Reise um die Sonne begleitet wird, sind schwerer als die des Jupiter wahrzunehmen. Diese traten sogleich nach Erfindung des Fernglases aus der Nacht hervor, während ein Saturnsmond nicht früher als 1655 (wo *Huygens* den hellsten und in der Ordnung vom Saturn aus sechsten Trabanten auffand) wahrgenommen. Von 1671 bis 1687 fand *Cassini* nach einander den 7. 5. 4. und 3. Trabanten; doch sah erst *Poura* im J. 1718 sie alle fünf auf einmal. Endlich entdeckte *Herschel* in den Jahren 1788 und 1789 durch sein Riesenteleskop den 2. und

1. — Wollte man sie also nach der Zeitfolge der Entdeckung zählen, so würden sie in der Ordnung vom Saturn aus folgendermaassen stehen:

(Saturn) (7) (6) (5) (4) (3) (1) (2).

Indess ist es am bequemsten sie wie die Jupiterstrabanten zu bezeichnen, so dass die höhere Ordnungszahl der grösseren Entfernung angehört, was auch hier, um jeder Verwechselung vorzubeugen, durchweg geschehen soll.

Sie bewegen sich um Saturn von W. nach O. entweder ganz oder doch nahe in der Ebene seines Aequators und Ringes. Doch mit Ausnahme des äussersten, dessen Bahn etwa 15° Neigung gegen diese Ebene hat, so dass sie grösstentheils zwischen diese und die Ebene der Saturnsbahn fällt. Am genauesten kennen wir den 6. (ältesten Trabanten, dessen Bahn *Bessel* grösstentheils nach eignen höchst genauen Beobachtungen aufs schärfste untersucht hat und dessen Elemente wir fast so genau als die unsers eignen Mondes kennen). Der innerste, der bis auf die neuesten Zeiten nur vom Entdecker selbst gesehen worden, und eben so der nächstfolgende, den erst *Lamont* 1836 wiederfand, können bis jetzt fast nur aus den *Herschel*schen Beobachtungen bestimmt werden. Auch für die übrigen ist im Ganzen noch wenig geschehen; die grosse Schwierigkeit der Beobachtungen und mehr noch der Messungen wird noch lange ein Hinderniss sein, so genaue Angaben als für die Jupitersmonde aufzustellen.

Eür den 1sten (innersten und kleinsten) Mond haben *W. Beer* und ich aus *W. Herschels* Beobachtungen folgendes abgeleitet:

Periodische Umlaufszeit 22^h 36′ 17″ 705 (die synodische nur 7″ grösser)

Entfernung vom Centro ♄ 2,4682 Halbm. ♄ = 20022 Meilen.

Excentricität der Bahn 0,06889.

Länge des Perisaturnäums 104° 42′ (für 1789.

Eine etwanige Neigung lässt sich aus *Herschels* Beobachtungen nicht ableiten.

Die Epoche ist 1789 Sept. 14. 13^h 37′, 8 Mittlere Zeit von Paris für 264° 16′ 36″ der saturnicentrischen Länge.

Am 27. Juni 1838 ist es den Astronomen des Collegio Romano geglückt, diesen bis dahin vergebens gesuchten Trabanten wieder zu erblicken. Aus diesen Beobachtungen, verbunden mit den *Herschel*schen leitet *de Vico* eine Umlaufs-

zeit von $22^h\,36'\,17'',058$ ab, die von der obigen nur $0'',647$ verschieden ist.

Für den zweiten Trabanten gab uns eine ähnliche Rechnung

Periodische Umlaufszeit $32^h\,53'\,2'',728$. (synodische 15″ grösser).

Enfernung 3,2079 Halbm. ♄ = 26151 Meilen.

Epoche = 14. Sept. 1789. $12^h\,4',8$ M. Zeit von Paris für $67°\,56'\,25'',5$ saturnicentrische Länge.

Weder eine Neigung, noch eine Excentricität ging aus den Beobachtungen mit einiger Sicherheit hervor.

Im Sommer 1836 fand ihn, wie oben erwähnt, *Lamont* wieder auf und beobachtete ihn mehrere Wochen hindurch. Er leitet aus seinen Beobachtungen, verbunden mit der obigen Epoche der *Herschel*schen, die folgende Umlaufszeit ab:

$$32^h\,52'\,57'',796.$$

Wäre die Anzahl der seit *Herschel* (14. Sept. 1789) bis *Lamont* (1836 Mai 31. $10^h\,52'$) verflossenen Umläufe um einen zu viel oder zu wenig angenommen (bei der grossen Anzahl von 12481 Umläufen ein allerdings möglicher Fehler) so würde die Umlaufszeit in Folge dieses Fehlers zu ändern sein um

$$\mp\,9'',484.$$

Die Beobachter in Rom haben auch diesen Trabanten wieder aufgefunden und beobachtet; sie erhalten

$$32^h\,52'\,57'',275.$$

Den dritten am 21. März 1684 entdeckten und schon etwas besser sichtbaren Trabanten (nach *Cassini's* Bezeichnung ersten) hat gleichfalls *Lamont* im J. 1836 beobachtet und aus der Vergleichung seiner Beobachtungen mit denen von *Herschel* (da die ältern *Cassini*schen sich als unzuverlässig zeigten), folgende Elemente gefunden.

Periodische Umlaufszeit $1^t\,21^h\,18'\,32'',9606$ (synodische 26″ grösser)

Excentricität 0,0051
Perisaturnium 184° 36
Neigung gegen die Ringebene 1° 33′ 6″
Aufsteigender Knoten 357° 39′.

Epoche: 1836 April 23. $8^h\,36'\,20'',25$ M. Pariser Zeit $158°\,31',0$ saturnicentrische Länge.

Der Umlaufszeit entspricht, wenn man *Bessels* Saturnsmasse annimmt, eine Entfernung vom Centro Saturns = 5, 284 Halbm. = 43077 Meilen.

Vom Vierten und fünften Trabanten besitzen wir nur die *Herschel*schen und *Cassini*schen Beobachtungen, welche uns nichts als die genäherte Umlaufszeit und mittlere Entfernung geben. Diese sind:

4te Trabant. Period. Umlaufszeit $2^t\,17^h\,44'\,51''$ (synodisch $60''$ mehr).

Entfernung = 6,819 Halbm. = 55598 Meilen.

5ter Trabant. Period. Umlaufszeit $4^t\,12^h\,25'\,11''$ (synod. $2'\,44''$ mehr).

Entfernung = 9,524 Halbm. = 77642 Meilen.

Wir werden hoffentlich für diese und die übrigen Trabanten bald genauere Bestimmungen durch die von *Bessel* angestellten, aber noch nicht berechneten Beobachtungen erhalten.

Der sechste und älteste Trabant ist von *Bessel* sehr genau bestimmt worden. Nach den zuletzt gegebenen Verbesserungen der Elemente ist seine Bahn die folgende:

Periodische Umlaufszeit $15^t\,22^h\,41'\,25'',1$

Siderische 15 23 15 32,0

Entfernung 20,7060 Halbm. = 168800 Meilen.

Excentricität 0,02922326

Perisaturnium $244^0\,35'\,50'',0$ } f. 1830.

Aufst. Knoten in der Ekliptik $167^0\,39'\,16'',6$ } f. 1830.

Neigung gegen die Ekliptik 27 33 46, 4

woraus ferner erhalten wird.

Aufst. Knoten in der Ringebene 34

Neigung gegen die Ringebene $0^0\;3'\;''$

Der Knoten, die Neigung und das Perisaturnium sind kleinen Veränderungen unterworfen, und zwar rücken die Knoten siderisch in einem Jahrhundert $24'\,29''$ zurück, was auf eine Umlaufsperiode von 49000 Jahren führt; während das Perisaturnium in 100 Jahren $49^0\,25'\,21''$ vorrückt, also einen Umlauf von 733 Jahren 4 Monaten hat. Beide Perioden sind also beträchtlich länger als die ähnlichen bei unserm Monde, auch werden diese Veränderungen nicht wie bei diesem fast ausschliesslich durch die Sonne, sondern hauptsächlich durch den Ring bewirkt und sie sind daher auch das Mittel geworden, dessen Masse annähernd zu bestimmen. — Die Neigung nimmt gegenwärtig nur $25'',4$ in einem Jahrhundert ab.

Der siebente und äusserste Trabant endlich, den *Cassini* 1671 entdeckte, läuft um seinen Hauptplaneten in der bedeutenden Entfernung von 64,359 Halbmessern oder 524686 Meilen, der 376. Theil der Entfernung Saturns von der Sonne.

Die Umlaufszeit ist 79ᵗ 7ʰ 54″ periodisch, oder 79ᵗ 22′ 4″ synodisch. Die Ebene seiner Bahn weicht beträchtlich von denen der übrigen Trabanten ab und ist starken Veränderungen unterworfen. Man kann eine fixe Ebene annehmen, welche gegen die Bahn Saturns 8° 23′ 33″, und gegen den Aequator desselben (die Ringebene) 21° 36′ 27″ geneigt ist. Die Länge des aufsteigenden Knotens dieser Ebene in der Saturnsbahn ist 171° 13′ 40″ (für 1830). Auf dieser fixen Ebene nun bewegt sich die Ebene der Trabanten mit einer Neigung von 15° 15′ 54″ herum, und zwar innerhalb 4232 Jahren, so dass die Neigung der wirklichen Bahn gegen den Saturnäquator höchst veränderlich ist und von 6° 21′ bis 36° 52′ schwankt. Gegenwärtig ist sie im Abnehmen und beträgt (1830) 22° 29′ 16″. Doch sind diese numerischen Bestimmungen noch sehr unsicher, da es an neuern Beobachtungen gänzlich fehlt und die älteren von *Cassini*, *Bernard*, und *Herschel* sehr wenig innere Uebereinstimmung zeigen. — Dieser Trabant bietet noch ein andres merkwürdiges Phänomen dar, er verschwindet nämlich fast gänzlich, wenn er auf der Ostseite Saturns steht, und zeigt den hellsten Glanz in seiner westlichen Ausweichung. Nur *Herschel* ist es gelungen, ihn während seines ganzen Umlaufs zu erblicken, wiewohl er zuletzt so schwach ward dass es grosse Mühe machte ihn aufzufinden. Man kann hierüber keine andre Erklärung annehmen als dass der Trabant sich in derselben Zeit um seine Axe wie um den Saturn bewege, und uns also, wenn er wieder in dieselbe Lage gegen den Hauptplaneten kommt, auch wieder die gleiche Seite zuwendet; und dass eine seiner Seiten wenig oder gar kein Sonnenlicht reflektire. Aehnliches zeigt sich auch an unserm Monde, dessen Ostseite den grossen Oceanus procellarum begreift und dadurch gegen die westliche, besonders aber südwestliche beträchtlich dunkel erscheint: nur dass dieser Gegensatz beim 7. Saturnstrabanten noch stärker sein muss. Die Uebereinstimmung der Umlaufs- und Rotationsperioden scheint demnach ein Naturgesetz für alle Trabanten des Sonnensystems zu sein.

§. 149.

Ueber die Durchmesser, Massen und Dichtigkeiten dieser Körper wissen wir nichts. Selbst der 6te gestattet keine Messung und die hin und wieder angegebenen Schätzungen sind ohne Werth. Bei einem Durchmesser von 800 Meilen müsste er eine Sekunde gross erscheinen und für diejenigen Instrumente, mit welchen man Messungen der Jupiterstra-

banten ausgeführt hat, gleichfalls messbar sein. Die übrigen Monde stehen wahrscheinlich noch weit unter dieser Zahl, wie man aus ihrer Unscheinbarkeit schliessen muss. Vom Saturn aus gesehen würde der 6te Mond bei einem Durchmesser von 800 Meilen nur etwa halb so gross als der unsrige erscheinen und es ist nicht anzunehmen, dass dieser oder einer der übrigen seinem Planeten eine bedeutende Erhellung der Nächte gewähre.

An den Polen Saturns ist nur der 7te Trabant sichtbar. Für jeden der übrigen giebt es einen bestimmten Polarkreis, jenseit desselben er nicht mehr gesehen wird und dieser ist für den innersten Trabanten in 67° der saturnigraphischen Breite. Sie entfernen sich, vom Saturn aus betrachtet, nur wenig von den Ringen und werden zuweilen von diesen verdeckt: der 7te macht jedoch hiervon eine Ausnahme. Die Ebbe und Fluth, welche sie für Saturn bewirken, kann nur unbedeutend sein und wird gegen die grösse des Ringes verschwinden.

Sie erleiden und bewirken F i n s t e r n i s s e, jedoch seltner als die Jupiterstrabanten, wegen der bedeutenden Neigung ihrer Bahnen gegen die Bahn Saturns. Diese Finsternisse ereignen sich stets nahe um die Zeit wo der Ring verschwindet, und es folgen dann jedesmal eine ganze Reihe ununterbrochen auf einander, so dass eine bestimmte Zeit hindurch jeder Vollmond eine Finsterniss erleidet, jeder Neumond eine dergleichen bewirkt. Der 6te Mond veranlasst etwa 22 Finsternisse jeder Art innerhalb 350 Tagen, und dies wiederholt sich nach einem halben Saturnsjahr. Für den 5ten Mond währt die Periode der Finsternisse 2 Jahr, während welcher Zeit 180 von jeder Art einfallen, für den 4ten etwa 3 Jahre und so fort, so dass der innerste $10\frac{1}{2}$ Jahr lang bei jedem Umlaufe, also nahe 2000 mal, verfinstert wird, und sodann 4 Jahr lang unverfinstert bleibt. — Der 7te Trabant macht auch hierin eine Ausnahme, seine Finsternisse sind weit seltner, nur etwa 2 in jedem halben Saturnsjahr, und die Perioden derselben weit unregelmässiger. Verfinsterungen der Monde unter sich, oder durch den Ring Saturns, mögen sich ebenfalls nicht selten ereignen; ihre Vorausberechnung hat jedoch nur für die des 6ten einiges Interesse, da sie die einzigen sind, die von der Erde aus, obwohl mit grosser Schwierigkeit, wahrgenommen werden können, weshalb sie auch nicht in die Ephemeriden aufgenommen werden. — Auch Verdeckungen hinter der Scheibe Saturns kommen häufig vor und *Herschel* hat einige dersel-

ben bei seinen zahlreichen Trabantenbeobachtungen wahrgenommen.

Gewiss stehen unsrer Kenntniss dieses merkwürdigsten und mannichfaltigsten aller Partialsysteme noch bedeutende Erweiterungen bevor, die keinesweges blos in neuen Entdeckungen zu bestehen brauchen. Wenn wir erst, von zahlreicheren, schärferen, längere Jahre hindurch fortgesetzten und wiederholten Beobachtungen unterstützt, die gegenseitigen Wirkungen dieser so verschiedenartigen Körper auf ähnliche Weise untersuchen können wie man die der Jupiterstrabanten untersucht hat, so werden für die theoretische wie die physische Astronomie höchst wichtige Aufschlüsse gewonnen werden, und man wird vielleicht selbst die Massen dieser muthmasslich kleinsten Körper unsers Sonnensystems zu bestimmen im Stande sein. Doch kann man auch jetzt schon mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen, dass besonders auf den innersten Monden die Schwere noch viel geringer als auf den Jupitersmonden sein werde und dass die Fallhöhe vielleicht nur einige Zolle in der ersten Sekunde betrage.

Uranus.

§. 150.

Von diesem entferntesten der Planeten wusste man bis zum 13. März 1781 nichts, ja man kann sagen, dass er der erste eigentlich entdeckte Planet sei, denn die älteren müssen nothwendig schon in den frühesten Zeiten und bei der oberflächlichsten Himmelsbetrachtung wahrgenommen worden sein. Am genannten Tage sah *Herschel* im Bilde der Zwillinge einen Stern, der sich sogleich durch seinen merklichen Durchmesser auszeichnete und also nicht wohl Fixstern sein konnte, auch bereits am folgenden Abend eine Fortrückung zeigte und folglich ein zum System unsrer Sonne gehöriger Wandelstern sein musste. Er ward, nach erhaltener Nachricht, auf allen Sternwarten aufmerksam verfolgt und man gelangte bald zu der Ueberzeugung, dass es kein Komet, sondern ein weit jenseit der Saturnsbahn in nahe 400 Mill. Meilen Entfernung um die Sonne kreisender Planet sei, der über 80 Jahre auf seiner weiten Reise gebrauche.

Der Entdecker hatte die Absicht, ihn zu Ehren seines Monarchen und freigebigen Beschützers Georgsstern zu nennen, da jene fabelhaften Zeiten, in denen man die Götternamen auf

die Gestirne übertrug, längst vorüber seien*); Frankreichs Astronomen schlugen den Namen des Entdeckers selbst vor. Auch der Name Cybele ward von Einigen beliebt (in *Göthes* bekanntem Lieder-Cyclus: Planetentanz, wird er mit diesem Namen bezeichnet). Doch ist man im Allgemeinen bei dem Vorschlage *Bode's*, ihn Uranus (Vater Saturns, wie dieser Jupiters) zu nennen, stehen geblieben, vielleicht wegen der bequemen Aehnlichkeit mit andern Planetennamen und besonders wegen der in der Astronomie herkömmlichen Zusammensetzungen mit-centrisch,-graphisch u. dgl. wozu der Name Georgsstern sich nicht bequem anwenden lässt.

Man fragte damals, warum man den neuen Planeten nicht früher gesehen? Die Antwort ergab sich bald; er war von *Flamsteed, Mayer, Lemonnier* und *Bradley* wirklich gesehen und beobachtet aber für einen Fixstern gehalten worden. Sein scheinbarer Durchmesser ist zu gering um in andern als sehr starken Vergrösserungen augenfällig hervorzutreten und seine eigne Bewegung zu langsam, um bei einer einmaligen Durchgangsbeobachtung sich merklich zu machen; da er nun auch höchstens die 6. Grösse zeigt, so hatte man ihm, unter den Tausenden gleich heller Sterne, eine besondre Sorgfalt nicht zu Theil werden lassen und so behält *Herschel* den unbezweifelten Ruhm ihn zuerst entdeckt zu haben. — Indess wäre es wichtig, die von einigen Reisebeschreibern gemachte Angabe, dass die Bewohner von Otaheiti den Uranus als Planeten bereits gekannt und mit einem eignen Namen belegt hätten, genauer zu untersuchen.

Jene älteren Beobachtungen haben indess trefflich gedient, die Bahn des Uranus abzuleiten, für welche bei der bedeutenden Umlaufszeit sonst ein viel grösserer Zeitraum nach der Entdeckung hätte abgewartet werden müssen. Aus 17 vorherschel-

*) In seinem an *Sir Joseph Banks* gerichteten Schreiben, worin er von dieser Entdeckung Nachricht giebt (Philos. Transact. for 1783 p. 1. 2.) lautet die hierauf bezügliche Stelle so:

„I cannot but wish to take this opportunity of expressing my sense of gratitude by giving the name Georgium sidus

Georgium sidus
- - - - jam nunc assuessce vocari
Virg. Georg.

to a star, which (with respect to us) first began to shine under His auspicious reign."

schen und allen späteren in den ersten 40 Jahren nach der Entdeckung gemachten Beobachtungen leitete *Bouvard* die Elemente des Laufs ab und gab Tafeln seiner Bewegung. Diese Bestimmungen sind folgende:

Tropische Umlaufszeit 83 Jahr 271 T. 3^h 48′ 5″; siderische 84 J. 5 T. 19^h 41′ 36″,

Mittlere Entfernung 19,18239 oder 396½ Mill. Meilen; Excentricität = 0,0466108 mit einer sekulären Veränderung von — 0,0000256; daher grösste Entfernung 20,07650 (415 Mill. Meilen) und kleinste 18,28828 (378 Mill. Meilen.)

Ort des Periheliums 167° 30′ 24″ mit einer jährlichen Veränderung von + 2″, 28; tropisch also + 52″, 50. Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 46′28″,0; aufsteigender Knoten, 72° 59′ 21. Die Neigung nimmt in einem Jahrhundert 3″,0 zu und der Knoten rückt jährlich tropisch 14″,17 fort.

Die grösste Entfernung von der Erde kann bis auf 435¾ Mill. Meilen steigen, die geringste ist 357¼ Millionen. In jener erscheint Uranus 3″,5, in dieser 4″, 3 im Durchmesser gross; der mittlere Durchmesser 3″, 9 führt auf einen wahren von 7466 Meilen; so das sein körperlicher Inhalt 82 mal grösser als der der Erde ist.

Seine Fortrückung im Raume beträgt nur 0,9 Meilen täglich; und die auf einander folgenden Oppositionen liegen nur 4¼ Grad am Himmel von einander entfernt; die Zeit des synodischen Umlaufs ist 1 Jahr 4 T. 10 St.

Um ihn bewegen sich **Trabanten**, deren Zahl noch unbekannt ist. Die ersten beiden entdeckte *Herschel* 1787 am 11. Januar als ungemein feine Lichtpunkte, die aber dennoch eine annähernde Bestimmung der Bahn gestatteten.

Neunmonatliche Beobachtungen gaben ihm die Umlaufszeiten 8 T. 17^h 1′ 19″,3 und 13 T. 11^h 5′ 1″, 5; die Distanz des zweiten erhielt er 44″,23, woraus nach *Keplers* Gesetz für den ersten 33″ 09 folgt. Hieraus würde die Masse des Uranus = $^1/_{17918}$ der Sonnenmasse oder 19,8 mal der Erdmasse folgen, und mit Zuziehung des oben gegebenen Volumens die Dichtigkeit = 0,240. Die Umlaufszeiten sind durch spätere Beobachtungen *John Herschels* sehr nahe bestätigt worden; die mittleren Entfernungen aber fand *Lamont* beträchtlich geringer, so dass für die Masse des Uranus nur $^1/_{24605}$ oder 14,4 Erdmassen, und für die Dichtigkeit 0,1756 folgt. Hiernach ist er weniger dicht als Jupiter, übertrifft aber noch etwas die Dichtigkeit Saturns, und es ergiebt sich für ihn eine Fallhöhe der

Körper von 11½ Par. Fuss in der ersten Sekunde, und ein Gewicht von 76,3 Pfund für einen Körper, der auf der Erde 100 Pfund wiegen würde.

In den Jahren 1790 — 1794 entdeckte *Herschel* noch mehrere Trabanten, jedoch konnte für keinen derselben eine Bahn abgeleitet, ja selbst nur die Existenz als Trabant völlig verbürgt werden. Auch ist es noch keinem Astronomen gelungen, sie wiederzufinden; nur *Lamont* hat einen derselben, wiewohl mit vieler Mühe, wahrgenommen, worüber wir noch nichts Näheres wissen.

Wir besitzen von diesen noch ungewissen Monden nur einige Schätzungen *Herschels*, indem er die Distanz zweier entfernteren auf das Doppelte und resp. Vierfache des Trabanten von 13 Tagen Umlaufszeit setzt, und hieraus nach *Keplers* Regel die Umläufe ableitet. Nimmt man alle sechs als vorhanden an, so giebt ihre Zusammenstellung Folgendes:

	Uranushalbm.	Meilen.	Umlaufszeit.
1. Trabant	13	49000	6 T.
× 2.	17,022	63543	8 „ 17h 1′ 19″, 3
3.	20	74000	11 „
× 4.	22,752	84933	13 „ 11 5 1,5
5.	45	170000	38
6.	91	340000	108

Der 2. und 4. sind die beiden gewiss vorhandenen; von den übrigen habe ich die Data nur beiläufig gegeben, da es kein Interesse haben kann, Minuten und Sekunden anzugeben wo die Tage noch ungewiss sind.

Die ungeheure Entfernung dieses Systems wird stets ein Hinderniss genauer Wahrnehmungen bleiben. Uranus erscheint stets als ein matt erleuchtetes Scheibchen ohne Streifen und Flecke, so dass er uns kein Mittel zur Bestimmung seiner Rotation darbietet; doch glaubt *Herschel* eine Abplattung wahrgenommen zu haben, die auf eine ziemlich schnelle Rotation deutet. Seine Monde erschienen *Herschel* stets als die feinsten Lichtpunkte, die er jemals am Himmel gesehen. Sie verschwanden unter allen Umständen schon in 18″ bis 20″ Distanz vom Uranus, da das Licht des Hauptplaneten sie zu sehr schwächte.

Der matte Schimmer, den Uranus Scheibe, verglichen mit andern Planeten, darbietet, ist hauptsächlich Folge des geringen Quantums von Sonnenlicht; denn er wird 368 mal schwächer als die Erde von der Sonne erleuchtet, die ihm nur un-

18*

ter einem Durchmesser von 99 Sekunden erscheint und ihm also auch die Wärme nur in höchst geringem Grade (die unsre Thermometer gar nicht mehr angeben würden) mittheilen kann.

Aber das Merkwürdigste in diesem System ist die Lage der Bahnen, die wenigstens bei den beiden sichern Trabanten im Allgemeinen verbürgt werden kann. Sie ist für den 4ten

Neigung $99^\circ 43' 53'',3$

☊ $168^\circ\ 0'\ 3'',9$

also nahe senkrecht auf die Bahn des Uranus, oder eigentlich schon rückläufig. Da in den beiden andern mehrgliedrigen Partialsystemen die Trabantenbahnen mit den Aequatoren ihrer Hauptplaneten sehr nahe zusammenfallen, so ist auch bei den Uranusmonden dasselbe zu vermuthen, und der Aequator dieses Planeten steht folglich senkrecht auf seiner Bahn. Die Sonne erhebt sich für jeden der Pole zu Zeiten ins Zenith, wo sie dann eine lange Zeit fast unverrückt stehen bleibt. Jeder der Pole hat einen Tag von 42 Erdenjahren und eine eben so lange Nacht; für jeden unter der Breite b auf der Uranuskugel liegenden Ort beträgt die Dauer des längsten Tages $\frac{b.\ 42}{90^\circ}$ Jahre. Was wir Polarkreise nennen, fällt dort mit dem Aequator, so wie das Analogon unsrer Wendekreise mit den Polen zusammen. Die Jahreszeiten (insofern die Sonnenwärme dort noch in Betracht kommen kann) haben die grösstmöglichste Differenz. Von unsrer Erde würde, wenn die Lage der Axe der des Uranus gleich wäre, der grösste Theil unbewohnbar sein und überall ungeheuer hohe Grade von Hitze und Kälte herrschen.

Zu der Zeit, wo einer der Pole die Sonne senkrecht über sich hat, stehen die Trabanten in jedem Punkte ihres Umlaufs in der Quadratur und die Phase zeigt keine Ab- oder Zunahme, wohl aber eine Drehung um den Mittelpunkt der Scheibe, deren Periode der Umlauf ist. Je weiter sich die Sonne vom Zenith des Pols entfernt, desto grösser werden die Veränderungen dieser Phasen, Neu- und Vollmonde aber treten nur ein, wenn die Pole die Sonne im Horizont haben und diese den Aequator senkrecht bescheint, d. h. jedesmal nach 42 Erdenjahren, dann aber auch eine ziemlich lange Zeit hindurch. In diesen Zeiten treten dann auch die gegenseitigen Finsternisse ein, von denen wir aber wohl stets nur theoretische Kenntniss haben werden.

§. 151.

Giebt es im Sonnensystem noch mehr Planeten und Monden? Eine schon oft aufgeworfene Frage, über welche sich allerdings manches mehr oder minder Wahrscheinliche angeben lässt. Dass in den uns benachbarten Regionen zwischen Merkur und Mars sich noch ein Planet aufhalte, ist im höchsten Grade unwahrscheinlich; selbst bei einem sehr geringen Durchmesser, von 10 Meilen etwa, hätte er sich unsern Ferngläsern nicht entziehen können, und aus gleichem Grunde kann man auch verneinen, dass innerhalb dieses Raumes noch ein unbekannter Trabant vorhanden sei. Dass zwischen den Bahnen des Jupiter und Uranus sich noch Planeten fänden, ist ebenfalls wenig wahrscheinlich: bei einer beträchtlichen Grösse hätten wir sie längst bemerken müssen und kleine, wie Mars, Merkur und die Asteroiden, würden sich zwischen diesen Massen nicht wohl erhalten können und von ihnen zu beträchtliche Störungen erfahren. Dagegen können Trabanten des Saturns und besonders des Uranus gar wohl noch vorhanden sein, von deren Existenz wir noch nichts wissen. Für neue Planeten bleiben demnach folgende 3 Räume:

α) innerhalb der Merkursbahn;

β) zwischen der Mars- und Jupitersbahn in der Region der Asteroiden;

γ) jenseits der Uranusbahn in unbestimmbare Fernen hinein.

Wenn sich nun die Möglichkeit, ja selbst Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins noch unbekannter Planeten in diesen 3 Räumen nicht in Abrede stellen lässt, so entsteht die Frage: ist Aussicht vorhanden, sie von der Erde aus zu erblicken? und welchen Weg muss man einschlagen, wenn man sie aufsuchen will. Denn die Zeit der rein zufälligen Entdekkungen scheint vorüber gehen zu wollen; nur planmässig fortgesetzte Durchmusterungen des Himmels können jetzt noch die Hoffnung begründen, etwas Neues daran aufzufinden.

Merkur steht der Sonne schon so nahe, dass er schwer und selten gesehen wird: ein noch näherer Planet würde wahrscheinlich gar nicht mehr in der hellen Dämmerung sichtbar sein und man müsste also entweder die Gegenden der Ekliptik, welche bis zu 20 Grad höchstens zu beiden Seiten der Sonne (nach Ost und West) in Länge sich forterstrecken, um die Zeit des Sonnen- Auf- und Unterganges durchsuchen oder abwarten bis der supponirte Planet einen Durchgang (Vorübergang) vor der Sonnenscheibe veranlasst. Letztere könnten

nicht so sehr selten sein, da Merkur trotz seiner ziemlich starken Neigung doch 13 in einem Jahrhunderte veranlasst. Doch obgleich einige Beobachter, z. B. *Steinheibel* am 12. Februar 1821, einen auffallend kreisförmigen und scharf begrenzten Fleck erblickten, so ist doch noch von keiner Seite etwas Sicheres darüber bekannt geworden. Der Vorübergang eines sonnennahen Planeten kann 5—6 Stunden nicht übersteigen: es werden deshalb selbst sehr aufmerksamen Sonnenbeobachtern die meisten entgehen, da sie in den Nächten oder während ungünstiger Witterung einfallen; und eine einmalige Wahrnehmung, wenn die Beobachtungen auch noch so gut gelingen, wird uns noch nicht dahin führen, die Bahn zu bestimmen. Von dieser Seite ist also nur geringe Hoffnung vorhanden, die Zahl der wirklich bekannten Planeten erweitert zu sehen.

Die Region der Asteroiden, in der wir nun ausser den 4 kleinen Planeten noch zwei teleskopische Kometen kennen, deren mittlere Entfernungen, wie ihre Aphelien, zwischen Mars und Jupiter fallen, kann ebenfalls noch manche Körper verschiedner Gattung enthalten, jedenfalls aber nur solche, deren Massen und also auch wohl ihre Durchmesser sehr klein im Vergleich zu denen der älteren Planeten sind. Körper grösserer Art hätte man nicht allein längst wahrgenommen, sondern sie müssten sich auch durch eine bedeutende Incongruenz der berechneten Störungen mit den Beobachtungen, besonders bei Kometen, verrathen. Denn da wir bei solchen Rechnungen stets nur bekannte Massen zum Grunde legen, so würde eine unbekannte und gleichwohl merklich einwirkende die Oerter der gestörten Körper verändern, ohne dass wir die Ursach anzugeben wüssten. Also wohl nur kleine Körper, ähnlich wie die hier bereits bekannten, mögen solche Bahnen beschreiben, und man wird sie nur finden, wenn man den ganzen von der Ekliptik durchzogenen Raum auf eine beträchtliche Breite zu beiden Seiten hin, in Sternkarten möglichst genau detaillirt besitzen und durch neue Beobachtungen vergleichen wird.

Endlich bleibt noch der unbegrenzte Raum jenseit des Uranus übrig. Das Gebiet der Sonne erstreckt sich wenigstens 40 mal weiter, denn Kometen wie der von 1680 erreichen im Aphelium diesen Abstand, und viele von denen, deren Bahnen nur noch als Parabeln berechnet werden können, mögen noch beträchtlich darüber hinausgehen. Nach dem, was wir von der Entfernung der Fixsterne wissen, stehen selbst die nächsten mehrere Hunderttausende von Erdweiten von der Sonne

entfernt; es würde also ein Planet in der Entfernung 2000 (die 100 fache des Uranus) noch keine merklichen Störungen vom nächsten Fixstern erfahren, wenn dieser nicht sehr viel grösser als die Sonne ist. Die Existenz noch mehrerer Planeten jenseit der Uranusbahn ist also schon aus diesen allgemeinen Gründen sehr wahrscheinlich.

Es treten aber noch besondre Gründe hinzu diese Wahrscheinlichkeit zu unterstützen, und der wichtigste ist Folgender:

Wenn ein Planet jenseit des Uranus läuft, so muss er — ist anders seine Masse nicht sehr klein — auf Uranus einwirken und in seinem Laufe Anomalien hervorbringen, die wir ohne den störenden Körper zu kennen, nicht zu erklären im Stande sind. Allerdings werden diese Anomalien erst nach beträchtlich langer Zeit hervortreten, denn wegen der 84 jährigen Uranusperiode und der noch grösseren des störenden Planeten bleiben diese Wirkungen eine Reihe von Jahren hindurch nahe gleich, vermischen sich also mit den Elementen, die aus den Beobachtungen dieser Jahre gezogen werden und sind praktisch nicht von ihnen zu trennen. Aber wenn man eine andre, beträchtlich frühere Reihe berechnet, so muss man andre Elemente erhalten und man wird nicht beide Reihen zu einem gleichen Elementensystem vereinigen können ohne bedeutende Fehler übrig zu lassen. Dies ist nun in der That der Fall mit Uranus. Die vorherschelschen Beobachtungen fand *Bouvard**) unvereinbar mit denjenigen Elementen, welche die viel zahlreicheren Beobachtungen von 1781 bis 1820 gaben und die man, da die letztern Beobachtungen jedenfalls den Vorzug verdienen, annehmen muss. Die Abweichungen sind zwar bei weitem nicht so gross, dass man glauben könnte der beobachtete Körper sei gar nicht Uranus gewesen, aber gleichwohl viel zu stark um so sorgfältigen Astronomen wie den obengenannten, als Beobachtungsfehler zugeschrieben werden zu können. Aber noch mehr, auch die nach 1820 angestellten Beobachtungen weichen schon wieder nicht unbeträchtlich von *Bouvard's* Tafeln ab. *Airy* hat aus den Oppositionen von 1833 bis 1837 nachgewiesen dass der Radius vector des Uranus für diese Jahre von den Tafeln um eine Grösse abweiche, welche die Entfernung des Mondes von der Erde übertrifft, und so ist es gewiss, dass die letzten zwanzig Jahre,

*) Tables astronomiques de Jupiter, de Saturne et d'Uranus. Paris 1821.

für sich allein berechnet, abermals ein andres Elementensystem als die vorhergehenden vierzig geben würden.

Wenn man beim Saturnslaufe die Störungen des Uranus, oder bei Jupiter die des Saturn nicht berücksichtigte, so würde man ganz ähnliche Abweichungen finden, und wenn man sehr genaue Saturnsbeobachtungen aus einer langen Reihe von Jahren besessen hätte, so würde es möglich gewesen sein, durch annalytische Combinationen den Uranus theoretisch zu entdecken, bevor ihn *Herschel* aufgefunden hatte, vorausgesetzt, dass alle andre störende Massen hinreichend genau bekannt, und in Rechnung gebracht worden wären.

Es liegt nun nahe, diesen Schluss von Saturn auf Uranus um ein Glied weiter zu übertragen, und auf einen jenseit des Uranus laufenden und diesen störenden Planeten zu schliessen: ja man darf die Hoffnung aussprechen, dass die Analysis einst diesen höchsten ihrer Triumphe feiern und durch ihr geistiges Auge Entdeckungen in Regionen machen werde, in die das körperliche bis dahin einzudringen nicht vermochte.

Doch ist auch das Letztere nicht absolut anzunehmen. Uranus, obwohl beträchtlich schwächer als die übrigen alten Planeten, steht doch noch lange nicht an der äussersten Grenze der Sichtbarkeit, selbst ein scharfes unbewaffnetes Auge nimmt ihn wahr. Ein Planet, dessen Helligkeit sich zu der des Uranus verhielte wie dieser zum Saturn, würde in grossen Fernröhren noch nicht das schwächste Objekt sein, besonders wenn sein Durchmesser nicht zu unbeträchtlich wäre. Bei der geringen Neigung der Bahnen der drei äussern Planeten gegen die Ekliptik kann man als wahrscheinlich setzen, dass auch der oder die noch zu suchenden sich nur 1 bis 2 Grade von der Ekliptik entfernen, und eine genaue, Jahrelang nach einem festen Plane folgerecht durchgeführte Untersuchung der Ekliptik und ihrer nächsten Grenzen dürfte am ersten geeignet sein, diese Hoffnung zu verwirklichen, oder im entgegengesetzten Falle darzuthun, dass ein Planet, dem die angewandten optischen Hülfsmittel gewachsen wären, jenseit des Uranus nicht vorhanden sei.

Dies ist im Wesentlichen alles, was sich über die obige wichtige Frage sagen lässt. Allerdings haben einige Schriftsteller etwas Bestimmteres zu geben versucht, indem sie eine regelmässig fortschreitende geometrische Progression der Distanzen aufstellten, welche den mittlern Abständen der

Planeten ziemlich entspricht, und diese Progression, weiter fortgesetzt, auf die Planeten jenseit Uranus anwandten. Diese Reihe ist die folgende:

Mittl. Abstand der Erde von der Sonne = 1		Wirkl. mittl. Distanzen.	Abweichung der Formel.
Merkur	$0,4 = 0,4$	0,387	$-0,013$
Venus	$0,4 + 0,3 = 0,7$	0,723	$+0,023$
Erde	$0,4 + 2.0,3 = 1,0$	1,000	0
Mars	$0,4 + 2^2.0,3 = 1,6$	1,524	$-0,076$
Asteroid.	$0,4 + 2^3.0,3 = 2,8$	(2,36).(2,67) (2,77).(2,77)	$-0,44 \ldots -0,03$
Jupiter	$0,4 + 2^4.0,3 = 5,2$	5,203	$+0,003$
Saturn	$0,4 + 2^5.0,3 = 10,0$	9,539	$-0,461$
Uranus	$0,4 + 2^6.0,3 = 19,6$	19,182	$-0,418.$
	etc. etc.		

Das angeführte Gesetz lässt sich, wenn man die 3 Constanten der Formel $a + b^{n-1}. c$ für alle von Venus an gezählte Planeten noch etwas abändert, und für Merkur $c = o$ setzt, den wirklichen Abständen noch etwas näher bringen; immer aber bleiben noch sehr bedeutende Differenzen, die bei den entfernteren Planeten zu wachsen scheinen. Wohl mag dies oder ein ähnliches Gesetz bei der ersten Bildung des Planetensystems vorgewaltet haben; allein entweder ist der primitive Zustand nicht mehr der jetzige, oder es muss eine Formel aufgestellt werden, welche auf die Massen, Neigungen und Excentricitäten mit Rücksicht nimmt. Die beiden letztern Elemente sind aber säkulären Aenderungen unterworfen und da wir über das Alter des Planetensystems keine Kunde haben, so wird ein Schluss dieser Art stets unvollkommen bleiben. Lässt man obige Formel gelten, so fände man für den nächsten Planeten jenseit Uranus einen mittlern Abstand von 38,8 und eine Umlaufszeit von 243 Jahren, der darauf folgende hätte 77,2 und 7 Jahrhunderte u. s. w.; doch ist, wie gesagt, im Ganzen wenig darauf zu geben.

Man hat die obige Progression häufig die *Wurm*sche Reihe genannt; indess haben schon mehrere Astronomen vor *Wurm*, insbesondere *Bode* 1772. darauf hingewiesen und letzterer die Vermuthung eines Planeten zwischen Mars und Jupiter daraus hergeleitet. Wollte man sie annehmen so hätten bis zu der Entfernung, wo sich das Aphelium des Cometen von 1680 nach *Bessels* Rechnungen befindet, noch 5 unbekannte Planeten Platz, deren

letzter 620 Erdweiten von der Sonne entfernt wäre und 15 Jahrtausende zu seinem Umlaufe gebrauchte.

Dritter Theil.

Die Kometen.

§. 152.

Mit diesem Namen bezeichnete schon das frühe Alterthum Himmelskörper, welche sich durch ihre sonderbare, höchst mannichfaltige Gestalt und ungewöhnliche Grösse eben so sehr als durch ihren räthselhaften Lauf und ihr gleichsam plötzliches Erscheinen und Verschwinden auszeichneten. Haarsterne wäre die wörtliche Uebersetzung, der Schweif, den die dem blossen Auge sichtbaren fast ohne Ausnahme zeigen, gab zu dieser Benennung Anlass. Uralt ist ebenfalls der allgemein verbreitete Wahn, die Kometen hätten eine Beziehung auf die Schicksale des Menschengeschlechts überhaupt oder einzelner Individuen desselben; sie seien Boten des Zornes der Götter, und von verderblichem Einfluss und Vorbedeutung. Dem noch ungebildeten Menschen ist die ganze Natur voller Schrecken; nur die tägliche Gewohnheit befreundet ihn nach und nach mit dem, was in gemessenen Gleisen fortschreitet: alles hingegen, was für seine Kurzsichtigkeit dem Cyclus des Hergebrachten sich entzieht, erregt ihm bange Zweifel über seine Zukunft. Daher schreiben sich aus allen Jahrtausenden der Geschichte jene monströsen Deutungen, daher jene Entstellungen und Uebertreibungen der Berichte, die ihnen allen wissenschaftlichen Werth rauben. Man erdichtete Kometen wenn sich ein Unglück ereignet hatte, und man spürte ängstlich nach einer Calamität, sobald ein Komet erschien.

Dazu kam noch, dass man in den ältesten Zeiten die Kometen gar nicht für eigentliche Gestirne ansah, sondern blosse Lufterscheinungen in ihnen vermuthete; gewiss ist es, dass sich bei den frühern Philosophen ungemein viel Verwirrung der Ansichten findet und dass man es in dieser Beziehung einem *Sokrates* nicht sehr verargen kann, wenn er die ganze Astronomie als hoffnungslos aufgab. Hatte sie doch bis dahin weit mehr dem Aberglauben als der Wissenschaft gedient; und vermochte man doch noch keinesweges, auch nur über die alltäglichsten Erscheinungen, wie Mondesphasen und Finsternisse, sich eine genügende Rechenschaft zu geben. Als man indess

sich nach und nach richtigere Vorstellungen über Gestalt und Grösse der Erde gebildet hatte, musste man bald zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Kometen wenigstens in Bezug auf ihre Entfernung von den blossen Lufterscheinungen verschieden sein müssten. Die treffliche Alexandrinische Schule hatte bereits angefangen, sie mit andern Augen als denen des dumpfen Aberglaubens zu betrachten; und wie treffende Blicke einzelne Philosophen in die Zukunft des Wissens richteten, mag folgende merkwürdige Stelle *Seneca's* lehren:

> „Wundern wir uns nicht, dass wir die Gesetze des Laufs der Kometen, deren Erscheinung so selten ist, noch nicht erforscht haben. Wir erblicken weder den Anfang noch das Ende dieser Bahnen, in denen sie aus unermesslichen Fernen zu uns herniedersteigen. Kaum sind es 1500 Jahr, dass Griechenland die Gestirne gezählt und ihnen Namen gegeben hat. Einst wird der Tag anbrechen, wo man nach Jahrhunderten des Forschens klar erkennen wird, was uns jetzt verborgen bleibt."

Er ist angebrochen, der Tag, den der prophetische Geist des grossen Römers verkündigte, aber den Jahrhunderten des Forschens, die ihn endlich herbeiführten, ging ein Jahrtausend der trostlosesten geistigen Nacht voran; eine Zeit, deren bejammernswerthen Wirkungen wir uns selbst heut noch nicht ganz zu entwinden vermochten, ja die noch Manche — möchte man ihnen allen doch Luc. 23, 34. zurufen können! — zurückzuwünschen sich nicht entblöden. Gehen wir über sie hin und übergeben wir ihre elenden Hirngespinnste der verdienten Vergessenheit. Schmach genug für die stolzen Abendländer, die Erben der geistigen Schätze des klassischen Alterthums, dass die wenigen dürftigen Daten, die aus jener Zeit überhaupt zu Gebot stehen, von Chinesen und Arabern erborgt werden müssen!

§. 153.

Die Wiedererwecker der Astronomie des Abendlandes, *Purbach* und *Regiomontanus*, wandten auch den Kometen wieder ihre Aufmerksamkeit zu und seit dieser Zeit finden sich wieder mehrere Bestimmungen ihres Orts, freilich roh und ungenau, wie es bei dem damaligen Zustande der Astronomie nicht anders möglich war, aber mit Sorgfalt und Beharrlichkeit angestellt, mithin brauchbar, ja selbst von grossem Werthe wenn jene Beobachtungen einen Kometen betreffen, der bei einer spätern Wiederkehr wiederholt beobachtet werden konnte.

Doch noch fehlte viel, dass selbst die berühmtesten Astronomen des 16. und 17. Jahrhunderts ihre wahre Natur und die richtige Gestalt ihrer Bahnen geahnet hätten. Selbst *Galiläi, Tycho, Kepler, Hevel* hielten sie noch theils für Lufterscheinungen, theils für Ausdünstungen aus den Atmosphären der Planeten, für neu entstehende oder sich wieder auflösende Körper*). — *Dörfel*, ein Prediger zu Plauen im Voigtlande, gab uns zuerst eine annähernd richtige Vorstellung ihres Laufes. Bei Gelegenheit eines (1681) erschienenen grossen Kometen stellte er die Meinung auf: die Bahn sei eine Parabel, deren Brennpunkt im Centro der Sonne liege. Auch *Henry Percy*, Herzog von Northumberland, scheint schon früher auf ähnliche Gedanken gekommen zu sein. Wenige Jahre später trat *Newton* mit seinem Weltsysteme auf, und in diesem fand auch *Dörfels* Meinung über die Kometen ihre theoretische Bestätigung und gleichzeitig ihre genauere Bestimmung. Und von dieser Zeit an sind sie ein wahres und gesichertes Eigenthum der Wissenschaft, während sie bis dahin fast nur ein erwünschter Tummelplatz ungezügelter Phantasien gewesen waren. *Seneca's* Tag war gekommen, und nie wird er wieder verschwinden!

Bekanntlich sind Kreis, Ellipse, Parabel und Hyperbel die möglichen Bahnen, in denen ein dem *Newton*schen Anziehungsgesetz folgender Körper um seinen Hauptkörper läuft. Während nun die Planeten und ihre Monden sich in nahe kreisförmigen Ellipsen bewegen, und bei ihrer mässigen Excentricität nie durch ihre grössere Entfernung allein, sondern nur auf kurze Zeit durch die Stellung gegen Erde und Sonne unserm Anblick entzogen werden können, daher während des grössten Theiles ihrer Bahn uns sichtbar sind; bewegen sich die Kometen in Bahnen, die entweder (möglicherweise wenigstens) wirkliche Parabeln sind oder doch, sei es als Ellipsen oder Hyperbeln, der Parabel sehr nahe kommen, mithin eine bedeutende Excentricität zeigen und während des grössten Theils ihres Laufes in Fernen sich aufhalten, in welche selbst das bewaffnete Auge sie nicht mehr verfolgen kann.

Wenn aber die Bahn überhaupt nur wenig von der Pa-

*) Die Wunderlichkeit mancher Meinungen dieser Zeit geht in's Unglaubliche. So hielt *Milichius* die Kometen für Erzeugnisse der Conjunctionen der Planeten, also rein optischer Momente. Wenn solcher Unsinn von den Gelehrten ausgehen konnte, wer möchte noch das Volk verdammen!

rabel abweicht, so wird um so mehr derjenige Theil derselben, welcher der Sonne zunächst liegt, so gut als gar keine Abweichung von der Parabel wahrnehmen lassen; und bei weitem die meisten Kometen können nur wenige Monate vor und nach dem Perihel beobachtet werden. Dazu kommt noch die nebelhafte, unbestimmte, rasch veränderliche Gestalt derselben, welche die Beobachtungen, selbst bei den schärfsten Instrumenten, beträchtlich ungenauer macht als die ähnlichen der Fixsterne und Planeten, und so wird man es begreiflich finden, dass selbst bei den in neuester Zeit beobachteten Kometen die Entscheidung: ob sie in einer Ellipse, Parabel oder Hyperbel sich bewegen, oft unmöglich, jedenfalls misslich ist, und dass die volle Bestätigung der Ellipticität erst durch die Wiederkehr desselben Kometen erlangt werden kann.

Nun gewährt die Berechnung einer parabolischen Bahn (sobald überhaupt eine bedeutende Abweichung vom Kreise vorhanden ist) Erleichterungen und Vortheile, die bei der elliptischen und hyperbolischen vermisst werden; und so wird gewöhnlich die erste Berechnung einer Kometenbahn unter der Voraussetzung einer parabolischen Form derselben geführt. Selbst in dem Falle wo eine solche zur Darstellung sämmtlicher Beobachtungen nicht ausreichte, ist die Arbeit keinesweges eine vergebliche, denn aus den übrigbleibenden Abweichungen wird man leicht beiläufig erkennen, ob, in welchem Sinne und wie stark die Bahn von einer Parabel abweiche, und die neue und schärfere Rechnung wird dann schon eine vorläufige Basis haben, was für die Sicherheit, Bequemlickeit, und Schärfe des Resultats derselben höchst wichtig ist. In den bei weiten meisten Fällen muss man sich aber mit einer Parabel begnügen und folglich das Ob und Wann der etwanigen Wiederkehr ganz unbestimmt lassen. Kann man aber eine Excentricität ableiten, welche um eine bestimmte (nicht um den ganzen Betrag derselben unsichre) Grösse von der Einheit abweicht, also es gewiss machen, dass die Excentricität nicht $= 1$, sondern < 1 (Ellipse) oder > 1 (Hyperbel) sei, so kann man den gefundenen wahrscheinlichsten Werth dieser Excentricität mit den früher gefundenen parabolischen (nun aber in Folge der genaueren Untersuchung abgeänderten) Elementen vereinigen, und daraus (im Falle der Ellipse) die halbe grosse Axe, folglich Umlaufszeit und Wiederkehr, berechnen, wiewohl die letztere, bevor eine wirkliche Wiederkehr erfolgt ist, aus mehrfachen Gründen höchst schwankend bleibt. Ein höchst

geringer Fehler in der Excentricität bewirkt nämlich, wenn diese wenig von der Einheit abweicht, schon einen sehr bedeutenden in der Umlaufszeit. Bei der von *Argelander* berechneten Bahn des grossen Kometen von 1811 wird z. B., wenn etwa die Excentricität um 0,0001 grösser als die Berechnete ist, die Umlaufszeit (von etwa 3000 Jahren) um ein volles Jahrhundert länger sein. Dann aber kommen die Störungen hinzu, die gleichfalls dieses Element weit stärker als alle übrigen afficiren. Bei dem erwähnten Kometen hat *Argelander* sie beiläufig berechnet und findet, dass sie die Periode um 177 Jahre verkürzen.

§. 154.

Bei hyperbolischen Bahnen würde dagegen eben so wenig als bei parabolischen jemals eine Wiederkehr stattfinden, vorausgesetzt, dass die Bahn diese Form stets behielte. Es ist übrigens, allgemein betrachtet, im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass Kometen in solchen nicht geschlossenen Bahnen um die Sonne sich bewegen. Ein solcher Komet könnte nur ein einziges Mal erscheinen und müsste sich entweder auflösen, oder im Laufe der Zeit (freilich erst nach Milliarden von Jahren) in das System oder die Anziehungssphäre eines andern Fixsterns übergehen, und eben so Kometen, die ursprünglich andern Fixsternen angehörten, in das System unsrer Sonne. Diese Körper wären also, in Bezug auf ihre Bahn, absolut verschieden von denjenigen Kometen, deren Wiederkehr entschieden gewiss ist. Wäre es nun wohl wahrscheinlich, dass sie in allen übrigen Beziehungen sich ihnen so ähnlich verhalten sollten? dürfte man erwarten dass ein Körper, der während einer Zeit von deren ungeheurer Länge wir uns gar keinen Begriff machen können, den Weg zwischen einem Fixstern und unsrer Sonne beschrieb, dasselbe Ansehen zeigen werde, als ein in geschlossener Bahn laufender; und dass es gar kein Kriterion geben werde, um jene Vagabonden des Universums von angesessenen und häuslich eingerichteten Bürgern zu unterscheiden?

Aber dieser allgemeine Schluss erhält noch eine nähere Unterstützung. Die berechneten Bahnelemente der verschiedenen Kometen (bis jetzt etwa 150) scheinen dafür zu sprechen, dass sie alle in Ellipsen laufen. Eine streng parabolische Bahn könnte nämlich nur einen Augenblick als solche wirklich bestehen; die Störungen, welche die Kometen von den Planeten erleiden, würden entweder eine Ellipse, oder eine Hy-

perbel daraus machen, und zwar ist hier im Allgemeinen der eine Fall eben so wahrscheinlich als der andre. Die Wirkung sowohl dieser Störungen, als auch der unvermeidlichen Beobachtungsfehler (die gleichfalls auf verschiedene Seiten fallen werden) müsste nun die sein, dass in denjenigen Bahnberechnungen, wo man eine Excentricität gesucht hat, etwa eben so oft Hyperbeln als Ellipsen als Resultat erscheinen würden, wenn alle Kometenbahnen ursprünglich Parabeln gewesen wären. Bis jetzt aber hat noch keine einzige Bahnberechnung eine zu verbürgende Hyperbel ergeben (als Resultat hat sie sich allerdings bei einigen gezeigt, aber schwankend innerhalb Fehlergrenzen, welche die Parabel selbst noch mit einschliessen), wogegen man andrerseits eine nicht ganz unbeträchtliche Zahl entschieden elliptischer Kometenbahnen gefunden hat. Die Rechnungen lassen also wenigstens eine Möglichkeit (und zwar mit einem ziemlich hohen Grade von Wahrscheinlichkeit) offen, dass alle Kometenbahnen Ellipsen seien, während es unmöglich ist, dass sie alle Parabeln oder Hyperbeln wären. Da nun andrerseits von den Planeten-Monden- und Doppelsternbahnen die strenge Kreisform gleichfalls höchst unwahrscheinlich und auf die Dauer sogar unmöglich ist, so gewinnt der Satz, dass alle Bahnen der Weltkörper geschossene Ellipsen seien, eine die entgegengesetzten Annahmen überwiegende Wahrscheinlichkeit.

Dadurch aber wird für die astronomische Praxis weder die Möglichkeit, eine Berechnung auf die Kreis- oder parabolische Hypothese zu basiren, noch selbst, in nicht wenigen Fällen, die Nothwendigkeit, sich mit einer solchen einstweilen zu begnügen, ausgeschlossen.

§. 155.

In einer parabolischen Bahn, deren Lage auf die Ekliptik bezogen werden soll, sind folgende Elemente zu bestimmen:

Kleinster Abstand von der Sonne = q
Ort der Sonnennähe = P
Durchgangszeit durch das Perihel = T
Aufsteigender Knoten in der Ekliptik = ☊
Neigung gegen die Ekliptik = i

wozu noch die Bestimmung tritt, ob die Bahn rechtläufig (im Sinne der Planetenbahnen) oder rückläufig sei; wiewohl diese Bestimmung nicht ein selbstständiges Element bildet sondern in i mit ausgedrückt werden kann, wenn man die Neigungen über 90° hinaus bis 180° fortzählt, wo sodann ein zwi-

schen 0° und 90° fallender Werth von i die rechtläufigen, und ein zwischen 90° und 180° liegender die rückläufigen Bahnen bezeichnet. Mit Zuziehung der bekannten Sonnenmasse und der *Kepler*schen Gesetze lässt sich sodann die Geschwindigkeit im Sonnennähepunkte wie in jedem andern, folglich auch der heliocentrische Ort für eine gegebene Zeit, ableiten.

Berechnet man hingegen elliptische Elemente, so finden dieselben Bestimmungsstücke wie bei den Planeten Anwendung und es lässt sich hier gleichfalls eine an die Stelle der Umlaufszeit tretende mittlere tägliche Bewegung berechnen, doch mit dem für die Praxis nicht zu übersehenden Unterschiede, dass die Mittelpunktsgleichung, die bei den Planeten ziemlich leicht zu entwickeln und nur mehr wie eine Correction des mittleren Ortes anzusehen ist, hier eine solche Grösse erreicht, dass zu ihrer Berechnung die ersten Glieder der Reihe nicht mehr ausreichen. Ihr Ausdruck schreitet nämlich in einer nach Potenzen von e geordneten Reihe fort; ist nun e sehr klein, so werden diese Potenzen schnell bis zum Unmerklichen abnehmen; wenn dagegen e nahe an 1 reicht so werden selbst sehr hohe Potenzen von e noch immer einen merklichen Werth haben. In einzelnen Fällen kann die Mittelpunktsgleichung sogar nahe 180° erreichen, z. B. beim Kometen von 1680.

Im Falle hyperbolischer Elemente (der wenigstens theoretisch möglich ist) kommen dieselben Bestimmungen wie bei den parabolischen vor, ausserdem aber enthalten sie noch eine Excentricität, und zwar eine die Einheit übersteigende.

Sehr viele Geometer haben sich damit beschäftigt, Vorschriften für die Berechnung der Kometenbahnen zu geben. Man ging anfangs zum Theil darauf aus, eine direkte Auflösung (durch successive Elimination der Unbekannten aus algebraischen Gleichungen) zu finden: diese Versuche führten jedoch auf sehr beschwerlichen und verwickelten Wegen zu Gleichungen sehr hoher Grade, für welche die Analysis noch keine Auflösungsformel gegeben hatte. Deshalb schlug man indirekte Wege ein und bestimmte eine oder einige der Unbekannten durch Versuche. Die einfachste, sicherste und bequemste, auch in allen Fällen, die überhaupt eine Berechnung zulassen, anwendbare Methode hat *Olbers* gegeben, wobei er einen bereits früher von *Lambert* bewiesenen Lehrsatz zum Grunde legte. *Gauss* und Andre haben einzelne Vervollkommnungen dieser Methode angegeben, im Ganzen ist sie noch

heut dieselbe geblieben, was man vielleicht von keiner aus so früher Zeit stammenden Berechnungsmethode rühmen kann. Die späterhin, namentlich von französischen Analysten aufgestellten Methoden stehen, wie *Encke* in dem angeführten Aufsatze ausführlich gezeigt hat, der *Olber*schen in allen wesentlichen Beziehungen nach.

Da in der Parabel fünf Elemente zu bestimmen sind, so würde die Theorie auch, wenn die Aufgabe eine völlig bestimmte sein soll, weder mehr noch weniger als fünf Coordinaten benutzen müssen, und diesen würde sich die berechnete Bahn genau und ohne übrigbleibende Fehler anschliessen. Jede vollständige Beobachtung aber giebt deren zwei, Rectascension und Declination, oder auf die Ekliptik reducirt, Länge und Breite. Zwei Beobachtungen also reichen noch nicht aus, drei haben schon ein Datum zu viel. *Olbers* Methode lehrt nun: aus drei vollständigen Beobachtungen, diejenige Parabel finden, welche, indem sie genau durch den ersten und dritten Ort führt, auch zugleich dem durch den mittlern (2ten) Beobachtungsort und den Ort der Sonne gelegten grössten Kreise entspricht. Wollte man alle sechs Data streng erfüllen, so würde man zwar auch eine Parabel darstellen können, aber der Brennpunkt derselben würde nur dann in den Mittelpunkt der Sonne fallen, wenn die sechs Beobachtungen absolut genau wären. — *Encke* hat Tafeln gegeben, wodurch die indirekte Auflösung der vorkommenden transcendenten Gleichungen erleichtert, d. h. die Versuche abgekürzt und, so viel als möglich, in ein festes System gebracht werden; andre Tafeln, die besonders zur Berechnung der Oerter aus den gefundenen Elementen dienen, haben *Barker* u. A. berechnet.

§. 156.

Will man dagegen eine elliptische Bahn berechnen, so wird man, theoretisch genommen, drei vollständige Beobachtungen anwenden müssen, deren sechs Coordinaten alsdann gerade hinreichten die 6 elliptischen Elemente zu bestimmen. Allein praktisch genommen möchte es wohl nicht einen einzigen Fall geben, wo aus drei Beobachtungen die elliptische Form einigermaassen sicher zu erkennen wäre, denn weit auseinander können sie bei Kometen (im Verhältniss zur Länge der ganzen Bahn) nicht liegen und überdiess können, wie bereits bemerkt, die Beobachtungen einzeln genommen so genau nicht sein. Die wirklichen Abweichungen einer kometarischen Ellipse von der zunächst sich anschliessenden Parabel

sind stets, wenn die Beobachtungen auch einige Monate auseinander liegen, auf einige Sekunden beschränkt (nur der *Enke*sche macht davon eine Ausnahme), und 4—5 Sekunden weichen selbst die besten und unter den allergünstigsten Umständen angestellten Beobachtungen noch von einander ab, wie die bisher ausgeführten Bahnberechnungen darthun. Es bleibt also nur übrig, möglichst viele und über einen möglichst grossen Zeitraum sich erstreckende Beobachtungen anzuwenden.

Ehemals wählte man aus der ganzen Anzahl der Beobachtungen willkührlich diejenigen aus, die man für die genauesten und dem Zwecke der Rechnung am meisten entsprechenden ansah, und liess die übrigen nur nachträglich als allgemeine Bestätigung gelten; oder auch jeder Astronom beschränkte sich auf seine eignen Beobachtungen, bestimmte aus ihnen eine Bahn und man führte sodann diese verschiedenen Bahnen in den Kometenverzeichnissen auf. Jetzt verfährt man mit grösserer Consequenz. Man legt die (gewöhnlich schon vor dem gänzlichen Verschwinden des Kometen vorläufig berechneten) parabolischen Elemente als Näherungswerthe zum Grunde, berechnet aus ihnen die einzelnen Oerter für die Zeiten der Beobachtung, und vergleicht diese mit den beobachteten Oertern selbst. Jetzt nimmt man an, jedes der Elemente sei um eine vorläufig noch unbekannte Grösse $\triangle$ zu verbessern; es sei also z. B:

der kleinste Abstand $q + \triangle q$
der Ort der Sonnennähe $P + \triangle P$
die Zeit der Sonnennähe $T + \triangle T$
der aufsteigende Knoten $\Omega + \triangle \Omega$
die Neigung $i + \triangle i$
die Excentricität . $1 + \triangle e$ (da sie in der Parabel nothwendig = 1 ist).

Man untersucht nun, welchen Einfluss die Veränderung eines jeden der Elemente auf den geocentrischen Ort des Kometen ausübe (mathematisch ausgedrückt: man bestimmt die Differentialquotienten der zu verbessernden Elemente) so erhält man eine Anzahl von Gleichungen, die gleich der doppelten Anzahl der vollständigen Beobachtungen ist, und in denen so viele unbekannten Grössen vorkommen als Elemente verbessert werden sollen, in unserm Falle also sechs; und bestimmt nun nach einer von *Legendre* erfundenen, von *Gauss* wesentlich verbesserten Berechnungsform, welche man die Methode der kleinsten Quadrate zu nennen pflegt, aus ihnen

dasjenige System von Elementen, bei welchem die Fehler (oder genauer die Summe der Quadrate dieser Fehler) möglichst klein wird. Neben einem so bestimmten System von Elementen giebt es (so lange nicht neue Beobachtungen hinzukommen) kein zweites, welches einen gleich hohen Grad von Wahrscheinlichkeit hätte, man hat also zwar nicht die absolute Wahrheit — diese bleibt auch in gegenwärtiger Beziehung dem Erdenbewohner verborgen — aber doch eine Wahrscheinlichkeit, die der Wahrheit so nahe als möglich kommt, gewonnen, und erlangt zugleich bei folgerechter Anwendung dieser Rechnung (die daher auch Wahrscheinlichkeitsrechnung heisst) eine Kenntniss der ohngefähren Grenzen, innerhalb deren die herausgebrachten Werthe noch ungewiss sind, oder des sogenannten mittleren Fehlers eines jeden Elements, so wie jeder einzelnen Beobachtung, gelangt. Dieses Verfahren wird jetzt in der Astronomie überall angewandt, wo die Beschaffenheit des Gesuchten und die vorhandenen Beobachtungen eine Anwendung gestatten; freilich erfordern auf diese Weise die Rechnungen einen vielfach grösseren Zeitaufwand als früher, gewähren aber auch die Befriedigung, ein von allen willkührlichen Annahmen freies Resultat, erhalten zu haben, von dem man sich sagen kann, dass es das beste unter allen bis dahin möglichen ist.

Musterhafte Berechnungen dieser Art haben wir insbesondere *Bessel* zu verdanken, der theils selbst, theils unter seiner Leitung und Mitwirkung durch *Argelander*, *Mayer* und *Hoedenkampff* die Bahnen mehrerer Kometen, besonders der grossen von 1680, 1807 und 1811 ausgeführt hat.

Möglicherweise können, wie bereits erwähnt, statt der elliptischen Elemente hyperbolische als Resultat der Berechnung erscheinen. In diesem Falle wird $\triangle e$, die Correction der Excentricität, positiv gefunden. Hat man nun die Bahn streng methodisch berechnet, und findet sich der mittlere Fehler von e beträchtlich kleiner als $\triangle e$, so wäre eine überwiegende Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass die Bahn wirklich hyperbolisch sei. Man hätte also dann nur noch die Wahl zwischen verschiedenen Hyperbeln, die Ellipse und Parabel wären beide ausgeschlossen und der Komet würde nicht wiederkehren. Ein Fall dieser Art ist indess noch nicht vorgekommen.

§. 157.

Was indess sowohl die Berechnung der Elemente, als

auch umgekehrt, die Herleitung der Oerter aus den Elementen besonders schwierig und verwickelt macht, sind die Störungen, welche sie von den Planeten erleiden. Die Störungen der Planeten unter sich sind wegen der geringen Excentricität und Neigung ihrer Bahnen, so wie wegen des allen gemeinschaftlichen direkten Laufes derselben, nicht nur sämmtlich in enge Grenzen eingeschlossen, sondern auch in Perioden darzustellen und nur bei den kleinen Planeten hat Letzteres noch nicht vollständig durchgeführt werden können. Die Kometen hingegen zeigen alle nur denkbare Excentricitäten und Neigungen, sie bewegen sich ferner eben so häufig direkt als retrograd und durchstreifen die Bahnen mehrerer, ja in einem sehr häufigen Falle aller Planeten, sind folglich auch den Störungen aller ausgesetzt, während ein Planet meistens nur von den ihm benachbarten merklich gestört wird. Kommt nun vollends (was sehr möglich ist) ein Komet einem Planeten sehr nahe, so nehmen die Störungen ungemein rasch zu und es werden Glieder derselben merklich, die man in allen andern Fällen übersehen kann. Die Umlaufszeit eines Planeten kann höchstens um Stunden und Minuten periodisch geändert werden, der eines Kometen um ganze Jahre, Jahrzehende und selbst Jahrhunderte. Jede Wiedererscheinung eines bereits früher beobachteten lässt beträchtliche Aenderungen sämmtlicher Elemente erkennen und bereits ist ein sicher konstatirter Fall vorgekommen, dass ein Komet (1769) nur einmal in einer Bahn lief, die ihn nahe bei der Erde vorbeiführte und uns sichtbar machte, hingegen vorher wie nachher in völlig verschiedenen Bahnen, die keine Aehnlichkeit mit der von 1769 zeigten.

Dass übrigens die Störungen der Planeten wirklich Ursach dieser Veränderungen, und dass sie zugleich nothwendige Folge des *Newton*schen Attraktionsgesetzes sind, davon liefern die vom Erfolge bestätigten Vorausberechnungen dieser Störungen den entscheidensten Beweis. Es mögen hier nur die beiden Beispiele des *Halley*schen und *Encke*schen Kometen angeführt werden. Den ersteren erkannte *Halley*, als er vier Erscheinungen desselben, 1456, 1532, 1607 und 1682 verglich, und aus der Aehnlichkeit der Elemente auf die Identität des Kometen schloss. Es ergab sich beim rohen Ueberblick eine Umlaufszeit von 75$\frac{1}{2}$ Jahren und hiernach wäre im Sommer des Jahres 1757 etwa die Wiederkehr zu erwarten gewesen. *Clairaut* dagegen berechnete die Störungen, welche er von den Planeten Mercur bis Saturn (Uranus kannte er

noch nicht) während der seit seiner letzten Erscheinung verflossenen Zeit erlitten habe und fand, dass er bei seiner bevorstehenden Rückkehr sich um 611 Tage verspäten und erst Mitte April 1759 durch sein Perihelium gehen werde, zugleich hinzufügend, dass diese Rechnung etwa um einen Monat im Irrthum sein könne, theils wegen der unvollkommen bekannten Planetenmassen, theils wegen der verwickelten Form der Störungen. Es traf ein am 13. März 1759; der Fehler betrug, wie eine spätere Revision der Rechnung zeigte, 22 Tage, und würde, wenn *Clairaut* den Uranus gekannt und die Beobachtungen von 1607 und 1682 genauer gewesen wären, höchstens 8 Tage betragen haben. — Bei der diesmaligen Wiederkehr ergab sich aus *Rosenbergers* Vorausberechnungen der 13., aus *Pontécoulants* der 19. November; *Burckhardt*, *Damoiseau* und *Lehmann* hatten ähnliche Resultate erhalten (letzterer das späteste Datum, den 28. November). Es traf ein im Anfang des 16. November 1835; der geringere Fehler ist theils den Fortschritten der Störungstheorie seit *Clairaut*, theils den genaueren Beobachtungen von 1759 im Vergleich zu den früheren, zuzuschreiben: die nächste 1912 zu erwartende Wiederkehr dürfte noch genauer berechnet werden können.

In ähnlicher Art ist der *Encke*sche Komet, seit man aus den verschiedenen Erscheinungen desselben sich seiner Identität versichert hat, regelmässig mit allen seinen Störungen vorausberechnet worden und die Abweichung beschränkte sich jedesmal auf wenige Stunden oder gar nur Minuten, was freilich zum Theil durch die kurze Umlaufszeit (nur $^1/_{23}$ der des *Halley*schen) erklärlich ist. So günstige Erfolge aber wären nicht möglich, wenn die der Berechnung zum Grunde gelegten Kräfte und die Art ihrer Wirkung nicht der Natur entsprächen, oder die Kometen andern Bewegungsgesetzen folgten als die Planeten.

§. 158.

So viel zu einer allgemeinen Uebersicht ihres Laufes. Nicht minder wichtig, obwohl weniger als jene erforscht und festgestellt, sind die Erscheinungen welche sich in physischer Beziehung an ihnen darbieten.

Zunächst ist zu bemerken, dass es zwar den Kometen an einem festen, planetarischen, dunklen und undurchsichtigen K e r n e gänzlich zu fehlen scheint, dass aber die meisten dennoch eine oft sehr starke Verdichtung ihres Glanzes nach einem im Innern der Masse (selten der Mitte) gelegenen Punkte zeigen. Diesen nur vergleichungsweise so zu nennenden Kern umgiebt

— im einfachsten Falle — eine nach Aussen zu dünner werdende und sich ins Unbestimmte Verlierende neblige Hülle. Die Kometen dieser Art sind dem blossen Auge gewöhnlich unsichtbar oder gewähren doch kein von einem gewöhnlichen Sterne sich merklich unterscheidendes Bild.

Mit den eigentlich geschweiften Kometen verhält es sich anders. Zwar umgiebt auch hier eine matte Hülle den glänzendern Kern, aber diese Hülle verlängert sich auf einer Seite — in der Regel die von der Sonne abgewandte — zu einem Schweife von mehreren, selbst 60 bis 90, Graden Länge (was auf Millionen von Meilen führt) und verliert sich ins Unbestimmte. Der Schweif ist von sehr mannichfacher Gestalt: grade, fächerförmig, gebogen, flammenartig geschwungen, auch doppelt und mehrfach, dabei sehr grossen, nicht blos optischen, Veränderungen unterworfen. Das Nähere hierüber muss bei der unten folgenden Beschreibung der einzelnen Kometen nachgesehen werden.

Die Kometen sind durchsichtig und bewirken keine Brechung des Lichtstrahls, und zwar nicht blos ihre Schweife und Nebelhüllen, sondern selbst die sogenannten Kerne. Dieses merkwürdige in Rücksicht der Schweife längst bekannte Resultat ist namentlich durch die Beobachtungen *Bessels* (am *Halley*schen) und *Struve's* (am *Encke*schen) Kometen gefunden worden. Sie sahen Fixsterne nur wenige Sekunden vom Mittelpunkte hinter dem Kerne, der über sie hinwegging, und sie weder unsichtbar machte noch selbst erheblich schwächte, und überzeugten sich durch genaue Messungen, verglichen mit Berechnungen über die Bewegung des Kometen, dass keine Refraktion den Ort derselben verändert hatte. Die Masse also, aus welcher der Komet besteht, ist nicht gasförmig, sondern muss aus discreten durch leere Zwischenräume getrennten Theile bestehen.

Gleichwohl steht unzweifelhaft fest, dass der Komet Sonnenlicht zurückwerfe und eben so wenig als die Planeten mit eignem Lichte leuchte. Darauf würde schon die grössere Helligkeit deuten, welche die Kometen bei der Annährung zur Sonne — die nicht in allen Fällen auch Annäherung zur Erde ist — stets gezeigt haben, ferner das Verschwinden der Kometen bei zunehmender Entfernung von der Sonne zu einer Zeit, wo sie ihrem Durchmesser nach noch lange Zeit sichtbar bleiben müssten, endlich die direkten Versuche *Arago's*, der das Licht der Kometen polarisirt und sich durch Vergleichung

der Spectra überzeugt hat dass es ein reflecktirtes, folglich erborgtes, und ein eignes Licht des Kometen durchaus unmerklich sei. Doch ist, es möglich dass in einzelnen Fällen und unter besondern Umständen eine eigenthümliche Lichtentwickelung stattfinde, worüber nachher Einiges gesagt werden soll.

Ueber die Massen und Dichtigkeit der Kometen weiss man nur, dass beide unmerklich klein, und namentlich die letztere viele tausendmal geringer sein müsse, als selbst die der allerdünnsten Luft. Denn trotz der ungeheuren Grösse ihrer Nebelhüllen und Schweife, die oft den Sonnendurchmesser weit übertreffen, hat noch nie ein Komet die geringste Spur einer Wirkung geäussert, selbst nicht in den Fällen wo er einem Planeten sehr nahe kam, und bei Berechnung der Planetenstörungen können (und müssen) wir die Kometen als nicht vorhanden betrachten. Für gänzlich immateriell kann man sie freilich nicht halten, denn sonst würden sie selbst den Gesetzen der Schwere nicht unterworfen sein, nicht in Kegelschnitten um die Sonne laufen und keine Störungen von den Planeten erleiden. In der That ist es aber auch nur eine solche passive Materialität, die wir an ihnen wahrnehmen, und es hat in dieser Beziehung wirklich etwas Komisches, dass grade diese gefahrlosesten aller Weltkörper — denn will man einmal durchaus von Gefahren sprechen, so sind die Planeten, der Mond und die Sonne selbst weit gefährlicher für uns — zu so ängstlichen Besorgnissen rücksichtlich des Zusammenprallens (!) mit einem von ihnen Veranlassung gegeben haben.

Die Kometen zeigen ferner in ihrem Ansehen manche Veränderungen, die freilich zum Theil optisch sind, dem grössern Theile nach aber nicht aus der verschiednen Stellung gegen die Erde erklärt werden können, demnach physische sein müssen. Dahin gehört das Verlängern des Schweifes bei der Annäherung zur Sonne und das Verkürzen oder auch völlige Verschwinden derselben wenn sie sich wieder von der Sonne entfernen. Ferner das bei mehreren von ihnen bemerkte Zusammenziehen der Nebelhüllen in der Sonnennähe, so dass der Umfang kleiner wird. Endlich die bereits von *Heinsius* am Kometen von 1744 bemerkte und später besonders am *Halley*schen genauer beobachtete Ausströmung (nach *Bessels* Erklärung) einer fächer- oder büschelartigen Flamme, die in ihrer Richtung und sonstigem Verhalten Veränderungen zeigt in denen bereits etwas Periodisches erkannt worden ist

(s. weiter unten). Diese und viele andre Veränderungen zeugen von einer überaus leichten Beweglichkeit und höchst geringen Cohäsion der einzelnen Theile des Kometen, der also auch in dieser Beziehung sich völlig verschieden von einem festen Körper verhält.

Wir können also nicht umhin, in den Kometen Körper zu erkennen, die sich nicht allein durch ihre Laufbahnen, sondern mehr noch durch ihre Substanz von den Planeten unterscheiden. Sie sind weder feste noch gasförmige Massen, beide Annahmen widerstreiten, wie wir gesehen haben, den direkten Beobachtungsresultaten, und ihre vollkommene Durchsichtigkeit schliesst auch die Form des tropfbar Flüssigen aus; so dass wir gar kein Analogon für sie kennen.

§. 159.

Die unabweisbare und gänzliche Verschiedenheit der Kometen von den Planeten hat Anlass zu der Meinung gegeben, sie seien Weltkörper, die noch ihre erste Bildungsepoche durchmachten, gleichsam werdende Planeten. Es hängt diese Ansicht mit einer andern allgemeineren zusammen, nach welcher alle Weltkörper in den verschiedenen Epochen ihrer Existenz auch verschiednen Formen angehörten, dass also ein Uebergang von der Planeten- zur Sonnennatur u. dgl. im Laufe der Zeit stattfinde, dass nicht minder die Nebelflecke des Himmels in einer Uebergangsepoche begriffen seien und uns zerstreute Fixsternmaterie darstellten u. s. w. Allein obgleich die kurze Zeit, aus welcher wir sicher vergleichbare Beobachtungen besitzen, durchaus unzureichend ist, um auf eine Nichtwahrnehmung während derselben den Beweis eines Nichtstattfindens der behaupteten Veränderungen zu gründen; gleichwohl ist nicht zu übersehen, dass in der ganzen Natur keine einzige Thatsache zu Gunsten einer solchen Annahme spreche, und dass ihre Unwahrscheinlichkeit in dem hier gegebenen besondern Falle sich auch noch direkt darthun lässt. Sind die Kometen bestimmt, einst Planeten zu werden, so sind auch wohl die jetzigen Planeten einst Kometen gewesen. Mit der planetarischen Natur aber ist die grosse Excentricität der Bahnen unverträglich: diese scheint vielmehr solche physische Veränderungen, als wir an den Kometen wahrnehmen und die bei Planeten unmöglich sind, wesentlich zu bedingen. Damit also der Komet Planet werde, müsste z. B. seine Excentricität sich beträchtlich vermindern und da nicht anzunehmen wäre dass bei allen vermeintlich ehemaligen Kometen Merkur, Venus, Erde u. s. w.

diese Verminderung schon gänzlich aufgehört habe, noch eine Spur dieser Abnahme vorhanden sein. Dies ist aber schlechterdings nicht der Fall; wir finden nur ein periodisches (und aus der gegenseitigen Anziehung vollständig erklärtes) Schwanken dieses und der übrigen Elemente zwischen einem Maximo und Minimo. Ja noch mehr, eine ins Unendliche im gleichen Sinne fortgehende, wenn auch noch so langsame, Veränderung eines Elements wie Excentricität und Neigung ist unmöglich, da ein constantes Verhältniss zwischen den Excentricitäten, Massen und mittlern Abständen, so wie ein andres zwischen den Neigungen, Massen und Abständen besteht (worüber später bei Betrachtung der Störungen ein Mehreres) nach welchem kein Planet seine Excentricität vermindern kann, ohne dass gleichzeitig die eines andern sich vermehre und umgekehrt, also eine im Allgemeinen vorherrschende Tendenz zur successiven Annäherung an den Kreis nach den Gesetzen der Schwere unmöglich ist. Sollten die gegenwärtigen Planeten einst in kometarischen Bahnen sich bewegt haben, so müssten umgekehrt den jetzigen Kometen damals planetarische Bahnen zugekommen sein.

Noch grösser ist die Schwierigkeit welche das Rückwärtslaufen vieler (nahe der Hälfte) der Kometen dieser Hypothese entgegengestellt. Es ist theoretisch unmöglich dass eine rückläufige Bahn zur rechtläufigen werde, und es ist höchst unwahrscheinlich, dass eine Neigung welche dem rechten Winkel nahe kommt, sich in eine von wenigen Graden verwandle, und von der Summe sämmtlicher Neigungen der Körper eines Systems gilt dasselbe, was oben von den Excentricitäten gesagt wurde. Mithin ist auch von dieser Seite die Verwandlung einer kometarischen Bahn in eine planetarische in einem gegebenen Einzelfalle kaum denkbar, im Ganzen und Grossen aber unmöglich.

Endlich, und dies ist nicht der geringste Einwurf, woher soll die Masse kommen, die den Planeten constituirt, da der Komet so gut als keine Masse hat? Kein einziger der näher bekannten Kometen hat, wie oben bemerkt worden, jemals auch nur die geringste Spur einer Wirkung gezeigt, während doch diese Wirkungen in manchen Fällen z. B. bei dem Kometen von 1769 der sich der Erde bis auf 360000 Meilen näherte, ganz ungeheuer gross gewesen sein würden bei einer nur etwas beträchtlichen Masse. (Es lässt sich bei diesem Kometen streng beweisen dass eine Annahme die seine Masse = $^1/_{5000}$ der Erdenmasse setzt, noch viel zu gross sei). Man würde zu al-

lerlei gezwungenen Nothsätzen, woher die Kometen diese ins Tausend- und Millionfache gehende Vermehrung der Masse erhalten hätten, seine Zuflucht nehmen müssen: ich zweifle nicht, dass in den unermesslichen und unerforschten Weiten, welche die Kometen zu durchstreifen haben, sich Raum für manche derartige Hypothese finden möchte, allein wo bleibt ihre Wahrscheinlichkeit? Giebt es noch Materie im Sonnensystem, die verdichtungsfähig, aber noch nicht verdichtet ist, so ist Unendlich gegen Eins zu wetten, dass nicht die ohnmächtigen Kometen, sondern die Planeten diese Materie an sich ziehen und sich durch sie vergrössern, wofür aber gleichfalls die Beweise gänzlich fehlen.

Und wozu alle diese Schwierigkeiten, die sich noch sehr vermehren liessen und deren gezwungene Lösung uns in ein wahres Labyrinth willkührlicher Annahmen führen würde? Doch nur um einen von Vielen beliebten Satz zu behaupten, der etwa so ausgedrückt werden kann:

„Alle Weltkörper sind wesentlich ähnlicher Natur, und auf allen befinden sich (oder werden sich meist befinden, haben sich einst befunden) ähnliche Organismen (Menschen, Thiere, Pflanzen) so wie ähnliche Verhältnisse der anorganischen Massen, wie auf unsrer Erde."

Ich wage es, diesem Satze einen andern kontradictorisch entgegengesetzten gegenüberzustellen:

„Die Weltkörper sind nicht Exemplare, sondern Individuen im strengsten Sinne des Worts, es giebt so viele Arten von Weltkörpern als Weltkörper selbst, nur im Einzelnen finden sich grössere oder geringere Analogien ausgesprochen, die uns einigermassen berechtigen, Klassen der Weltkörper anzunehmen: sie alle zusammen haben Nichts mit einander gemein als das Gesetz der Schwere. Jeder Weltkörper bleibt durch alle Zeiten hindurch das, was er einmal geworden ist."

Wiewohl der Zustand unsrer astronomischen Kenntnisse nicht erlaubt, und noch lange nicht erlauben wird, einen entscheidenden Beweis für die letztere Behauptung zu führen, so ist sie doch gewiss diejenige, die wir bei einer unbefangenen Prüfung der Beobachtungen als die für jetzt wahrscheinlichste annehmen müssen. Alle Einrichtungen im System unsrer Sonne zielen, so weit wir sie zu durchschauen im Stande sind, auf Erhaltung des Bestehenden und unabänderliche Dauer. Wie kein Thier, keine Pflanze der Erde seit den ältesten Zeiten vollkommener oder überhaupt ein Anderes geworden ist, wie wir

in allen Organismen nur Stufenfolgen neben einander, nicht nach einander antreffen, wie unser eignes Geschlecht in körperlicher Beziehung stets dasselbe geblieben ist — so wird auch selbst die grösste Mannichfaltigkeit der coexistirenden Weltkörper uns nicht berechtigen, in diesen Formen blos verschiedne Entwickelungsstufen anzunehmen, vielmehr ist alles Erschaffene gleich vollkommen in sich.

Ueberhaupt, nach welchem Maassstabe wollen wir das Niedere und Höhere im Weltencyclus bemessen? Sind die Centralkörper die höheren, und die umlaufenden geringer? oder entscheidet das Verhältniss der Schwere derart, dass das geistigere, höher entwickelte Leben da zu suchen ist, wo die Bande der Schwerkraft die am wenigsten hemmenden sind? Beide Betrachtungsweisen führen auf eine gradezu entgegengesetzte Stufenfolge und es ist schwer zu sagen, auf welcher Seite die grössere Wahrscheinlichkeit liegt. Geben wir es also lieber gänzlich auf, diese transcendenten Fragen lösen zu wollen und gewöhnen wir uns, in jedem Weltkörper, wie in jedem erschaffenen Wesen ein Etwas zu sehen, das seine ihm eigenthümliche Bestimmung erfüllt.

Die unermessliche Mannichfaltigkeit, die sich in allen Werken der Schöpfung offenbart; der Reichthum der Natur, die Tausende von Mitteln besitzt, ihre Zwecke zu erfüllen, obwohl wir oft nur wenige oder ein einziges kennen mögen, ist etwas weit Erhabeneres und des Urhebers der Welt Würdigeres, als eine blosse Zahlenunendlichkeit, ein blosses Copiren nach vorangegangenen Mustern. Menschenwerke mögen so beschaffen sein, ja bei der Beschränktheit unsres Verstandes in dieser Gleichförmigkeit ihre relative Vollkommenheit besitzen: hüten wir uns aber, die Werke des in jeder Beziehung Unendlichen mit einem ähnlichen Maasse messen zu wollen.

§. 160.

Nicht besser begründet sind die Meinungen: die Kometen stürzten sich in die Sonne; gingen aus den Flecken derselben hervor; würden von den Planeten herangezogen und als Monde zurückbehalten, vermischten sich mit den Atmosphären der Planeten und würden so gleichsam von ihnen verschluckt u. s. w. — Dinge dieser Art würden gleichsam Fehler der Schöpfung andeuten, die korrigirt werden müssten. — Der Komet von 1680 kam der Sonne so nahe, dass er nur um den sechsten Theil ihres Durchmessers von ihrer Oberfläche entfernt blieb; und er stürzte sich nicht hinein, verbrannte und verflüchtigte sich

nicht, ja zeigte sich nachher im Ganzen eben so wie vorher. — Sonnenflecken giebt es fast immer, und es zeigt sich nicht, dass mit ihrem häufigern Erscheinen eine besondre Häufigkeit der Kometen verbunden gewesen wäre; auch hat noch nie die Berechnung der Beobachtungen auf eine Bahn geführt, deren Anfangspunkt in der Sonne liegen könnte. Eine Verwandlung in Monde ist nach dem im vorigen §. Gesagten höchst unwahrscheinlich; und da der Komet, wie wir gesehen haben, nicht gasförmig ist, so kann er sich auch mit keiner Atmosphäre chemisch vermischen.

Auch nach dem Zwecke der Kometen hat man gefragt. Sie sollten der Sonne Form- oder Leuchtstoff zuführen, zur Erwärmung der Planeten dienen u. dgl. m. Alle solche Vermuthungen, die jedes wahrscheinlichen Beweises gänzlich ermangeln, lässt man am besten auf sich beruhen. Muss denn schlechterdings ein jeder Weltkörper den übrigen nützen? Was z. B. helfen uns die teleskopischen Fixsterne? Oder würde sich ein wesentlicher Nachtheil für die übrigen Planeten ergeben, wenn etwa die Erde aus dem System verschwände und vernichtet würde, und ist die Erde deshalb zwecklos?

Ich verkenne nicht die Wichtigkeit dieser und ähnlicher Fragen; sie betreffen die erhabensten Gegenstände deren Betrachtung uns vergönnt ist. Aber Verkennung der Astronomie ist es gewiss, wenn man sie zu einem Tummelplatze unhaltbarer excentrischer Meinungen macht und ungeduldig den Beobachtungen, auf die doch zuletzt Alles sich stützen muss, vorgreift; ja wohl gar diese ignorirt oder verdächtigt, wenn sie sich dieser oder jener Lieblingshypothese nicht fügen wollen.

§. 161.

Ueber die Anzahl der Kometen lässt sich nichts Sicheres angeben. Die Anzahl derer, für welche die Beobachtungen eine mehr oder minder genaue Bahnberechnung gestatteten, beläuft sich jetzt auf etwa 150. Zählt man alle, von deren Erscheinen einigermaassen glaubhafte Nachrichten vorhanden sind, so dürfte die Zahl auf 4—500 steigen. Seitdem man die Ferngläser erfunden und den Himmel fleissiger durchforscht hat, kann durchschnittlich jedes Jahr einen bis zwei Kometen aufzeigen: einmal stieg die Zahl auf 5. *Messier* fand allein 19 neue Kometen, *Caroline Herschel* 9, *Galle* in drei Monaten 3 Kometen; doch sind das fast sämmtlich teleskopische. Da nun kein Grund vorhanden ist anzunehmen, dass dergleichen schwache Kometen in früheren Zeiten, wo es unmöglich war sie zu sehen, seltner

in unsern Gegenden herabgekommen seien, und da die meisten Kometen viele Jahrtausende zu ihrem Umlauf gebrauchen mögen, so erscheint *Lamberts* Schätzung (4000) nicht im Geringsten übertrieben.

Doch dies sind nur diejenigen Kometen, welche unsern Fernröhren sichtbar werden können. Noch ist nicht ein einziger, selbst nicht in den stärksten Ferngläsern bis zur Jupitersbahn sichtbar geblieben, wiewohl man mehrere der glänzendsten mit der grössten Ausdauer verfolgt hat, und die Ephemeride ihren Ort hinreichend genau angab, mithin alles eigentliche Suchen wegfiel. Schwächere Kometen konnten, selbst in der Opposition, nicht einmal über die Marsbahn hinaus verfolgt werden. Wie viele mögen nun ihr Perihelium jenseit der Jupitersbahn erreichen und für immer ungesehen bleiben; wie viele durch trübe Nächte, Mondschein und andre Umstände uns verloren gehen! Bei weitem die meisten Kometenentdeckungen fallen in den Herbst und Winter, da für Europa's Sternwarten — und erst in den neuesten Zeiten sind auch aussereuropäische zur geregelten Thätigkeit gelangt — die Nächte des Frühlings und Sommers zu hell und zu kurz sind, um zum Kometensuchen mit einiger Aussicht auf Erfolg einladen zu können. Berücksichtigt man dies alles, so ist es gar nicht unwahrscheinlich, dass es Hunderttausende von Kometen im Sonnensysteme gebe.

Bei dieser grossen Anzahl ist es um so mehr zu verwundern, dass sie, wie oben bemerkt, noch niemals Störungen im Laufe der andern Weltkörper hervorgebracht haben, die sich uns bemerkbar gemacht hätten, und wir können nicht umhin anzunehmen, dass sie nicht blos einzeln genommen, sondern auch in der Gesammtsumme ihrer Massen noch unbedeutend sein müssen. Sie bestehen allem Anschein nach aus den feinsten und flüchtigsten, einer eigentlichen Verdichtung ganz unfähigen Stoffen, während die dichteren und schwereren sich zu soliden Kugeln geballt haben.

§. 162.

Zur Aufsuchung neuer Kometen bedient man sich gewöhnlich kurzer Fernröhre mit breitem Okular, welche nur wenig vergrössern, dagegen einen bedeutenden Theil des Himmels gleichzeitig übersehen lassen und zugleich möglichst lichtstark sind; man pflegt sie dieses Gebrauchs wegen Kometensucher zu nennen. Die meiste Hoffnung, neue aufzufinden, gewähren die Morgenstunden des Herbstes und Winters (unter den Tropen

sind im Allgemeinen alle Jahreszeiten gleich günstig). Entdeckt man in den Abendstunden* Kometen, so sind es fast immer solche die bereits früher hätten gesehen werden können. Durch die sogenannten Riesenfernröhre wird man nur selten und gleichsam zufällig neue Kometen entdecken, da ihr Feld zu klein ist. Solche dagegen, die man schon entdeckt hat, oder einer Vorausberechnung gemäss erwartet, werden am besten in starken Ferngläsern, jedoch bei möglichst geringer Vergrösserung, aufgesucht und beobachtet werden.

In neuerer Zeit hat ein um die Wissenschaften und namentlich um Astronomie hochverdienter Monarch, Frederik VI. von Dännemark, eine goldne Medaille für die Entdecker neuer teleskopischer Kometen gestiftet, die mit seinem Bildnisse geschmückt und mit dem Namen des Entdeckers, so wie dem Datum der ersten Wahrnehmung, bezeichnet ist. Sie trägt folgende Inschrift:

Nec frustra signorum obitum speculamur et ortum.
(Nicht vergebens erspähen wir Nieder- und Aufgang der Sterne).

Bereits haben mehrere und darunter auch deutsche Astronomen (die Stiftung ist keinesweges auf Dännemark allein beschränkt) diese Medaille erhalten. Im letzten Jahrzehend schienen die Entdeckungen neuer Kometen, dieser Stiftung ungeachtet, sich vermindern zu wollen, allein der Schluss desselben ist auf eine glänzende Weise durch die Entdeckung d r e i e r Kometen innerhalb 10 Wochen von einem und demselben Astronomen (*Galle* in Berlin) bezeichnet worden.

Abriss einer Geschichte der Kometenerscheinungen.

§. 163.

Die historische Aufzählung derjenigen Kometen, welche bei ihrer Annäherung zur Sonne von irgend einem Orte der Erde aus bemerkt worden sind, hat ihre eigenthümlichen Schwierigkeiten. Nicht dass wir uns, selbst was die ältesten Zeiten betrifft, über Mangel an Stoff zu beklagen hätten: er ist oft nur in zu grosser Fülle geboten. Aber diese rudes indigestaque moles enthielt eine Unzahl von Notizen über die geträumte Einwirkung der Kometen auf die Schicksale der Erde und des Menschengeschlechts, während das für uns fast a l l e i n Wichtige — die möglichst genaue Bestimmung des Orts am Himmel und der Zeit Erscheinung — gewöhnlich gar nicht, oder doch nur ganz beiläufig und auf eine so ungenügenden Weise

gegeben wird, dass man deutlich sieht, es war den Beobachtern früherer Zeiten gar nicht darum zu thun. Nur die Berichte der Chinesen machen einigermassen Ausnahme, wenigstens scheint dort der Aberglaube nicht so sehr alle Köpfe verrückt zu haben als es im Abendlande der Fall war, wo man als Ketzer verbannt worden wäre, wenn man auch nur den leisesten Zweifel an der Wirksamkeit dieser „Zuchtruthen eines ergrimmten Gottes“ hätte laut werden lassen. Leider sind selbst noch die fleissigen Kometographen des 17. Jahrhunderts, *Labienitzky* und *Hevel*, in diesen Banden festgekettet und was ihre voluminösen Werke wirklich Brauchbares und Sicheres enthalten, könnte man auf einen einzigen Bogen drucken.

Pingré in seiner Cometographie (Paris 1776) führt am vollständigsten die alten Quellen an und theilt ihre Nachrichten im Auszuge mit. Ueber die späteren und auch einige frühere Kometen (wie die von 1680 und 1744) besitzen wir werthvolle Monographien von *Heinsius*, *Olbers*, *Bessel*, *Argelander* und Anderen, in denen ein künftiger Geschichtschreiber besseres Material finden wird als uns über die älteren Erscheinungen vorliegt. Hier sollen nur diejenigen erwähnt werden, die entweder an sich selbst oder durch andre Umstände eine besondre Wichtigkeit und Bedeutung erlangt haben, und zwar so viel als möglich in chronologischer Ordnung.

Von dem, was über die ältesten Zeiten gemeldet wird, nur ein Beispiel.

„Drei Tage vor dem Tode Methusalems erschien ein Komet im Zeichen der Fische, unterhalb des Planeten Jupiter, er durchlief in 29 Tagen die 12 Zeichen des Thierkreises (?) und verschwand am 16. April.“

Und welches ist die Quelle einer so kostbaren Nachricht in so bestimmter Fassung? Ein *Rockemback*, *Zahn*, *Lubienitzky* u. a., von denen auch nicht Einer daran denkt, einen Beleg beizubringen.

Von ähnlicher Art ist der zur Zeit Abrahams erschienene Komet (wohl nichts als ein Missverstand der Stelle 1 Mos. 15, 17.) — Wie man später häufig zu wirklichen Kometenerscheinungen unglückliche Ereignisse theils gewaltsam herbeizog, theils gradezu erdichtete, so scheinen umgekehrt die ersten Kometographen jedes wirkliche Unglück, dessen die Weltgeschichte gedenkt, mit einem Kometen ausgeschmückt zu haben; auch verrathen die gar zu argen Widersprüche das Falsum häufig auf den ersten Blick. Nie hat ein Aberglaube fe-

stere und allgemeinere Wurzel beim Menschengeschlecht gefasst, als der über den innigsten und nothwendigen Zusammenhang irdischer Calamitäten und himmlischer Wunderzeichen. Allerdings mag mancher der aufgeführten Kometen jener Zeit wirklich erschienen sein: doch wer vermag die ächten herauszufinden?

Uebergehen wir also die Kometen, welche bei der Sündfluth, dem Thurmbau zu Babel, dem Untergange Sodoms, dem Ertrinken des Heeres der Egypter u. s. w. angeführt werden.

464 v. C. Zur Zeit des *Anaxagoras* erschien ein Komet, den man mit einem bei *Aegos Potamos* niedergefallenen Meteorstein in Verbindung brachte. Da eine totale Sonnenfinsterniss als nahe gleichzeitig erwähnt wird und diese nach *Struyk's* Rechnung am 30 April 462 v. C. wirklich stattfand, so dürfte auch dem Kometen eine wirkliche Thatsache zum Grunde liegen.

Um 428 v. C. *Aristoteles* erwähnt eines Kometen zur Zeit des *Archonten Euclees*, der nahe am Nordpole gesehen ward. *Struyck* hält ihn für den *Halley*schen.

371 v. C. *Diodor* (lib. XV.) erwähnt einer Flamme von ungeheurer Grösse am Himmel; doch ist die Zeit der Erscheinung etwas ungewiss, denn andre Autoren berichten abweichend. Man brachte diesen Kometen mit dem durch Ueberschwemmung bewirkten Untergange der Städte *Helice* und *Bura*, so wie mit der Niederlage der Lacedämonier, in Verbindung. — Wir haben einige Nachrichten über seinen Lauf. Mitten im strengsten Winter erblickte man ihn in der Gegend des Nachtgleichenpunkts; und an den ersten Abenden ging er so bald nach der Sonne unter, dass man seinen Kopf nicht mehr wahrnehmen konnte; nur ein grosser Theil des Schweifes blieb noch lange sichtbar. Er verschwand im Gürtel des Orion. Sein Lauf war also scheinbar direkt, wirklich aber wohl retrograd und er ging während seiner Erdnähe durch den niedersteigenden Knoten. Durch das Perihel war er vermuthlich vor seiner Entdeckung gegangen; die Neigung betrug wenigstens 30 Grad.

344 v. C. *Diodor* gedenkt eines Kometen A. 108, II. der die ganze Nacht hindurch sichtbar war und vor *Timoteons* Flotte herging, als sie nach Sicilien segelte Er mag eine

beträchtliche nördliche Deklination gehabt und sich um Mitternacht am Westhimmel gezeigt haben.

203. v. C. Sowohl römische Schriftsteller als die chinesischen Annalen erwähnen eines Kometen. Die letztern setzen seine Erscheinung in den Monat August, und nahe bei Arctur.

172. v. C. Grosser langgeschweifter Komet in China.

156. v. C. Gegen Ende des Octobers, er lief durch den Wassermann, das Füllen und den Pegasus. — *Mailla* und *Gaubil* führen noch eine Menge in China beobachteter Kometen an, bei den meisten liegen besondre Gründe, die an ihrer Echtheit zweifeln liessen, nicht vor: allein die zu unbestimmten Ortsangaben verhindern eine Bahnberechnung.

146. v. C. *Seneca* erwähnt eines Kometen, gross, roth und feurig, die Nacht mit seinem Glanze erhellend. Er verschwand allmälich, indem sein Glanz sich immer mehr schwächte.

136. v. C. Drei Kometen werden aufgeführt — vielleicht einer und derselbe. Er soll den vierten Theil des Himmels eingenommen und 4 Stunden zum Auf- und Untergange gebraucht haben. Einige lassen ihn selbst die Sonne an Glanz übertreffen (?) — Auch in China wurde um diese Zeit ein grosser Komet gesehen. Die chinesischen Annalisten scheinen im Allgemeinen weniger zu übertreiben als die Griechen und Römer.

133. v. C. Bei Aminternae wurde eine „nächtliche Sonne" gesehen. Wahrscheinlich kein Komet, sondern eine Feuerkugel, denn nur eine solche kann einzelnen Orten ausschliesslich erscheinen.

48. v. C. Grosser Komet. „Die dunkelste Nacht ward durch ihn erleuchtet; Flammen durchschnitten den Himmel nach allen Richtungen, und der schreckliche Komet entfaltete seinen Schweif. — Nach chinesischen Astronomen stand er nach einander bei β und 1 Cassiopejae und verschwand in der Nähe des Poles.

43. v. C. Gegen Ende September. „Während ich dem Volke öffentliche Spiele gab — so erzählt *Octavianus Augustus* — erschien ein geschweiftes Gestirn im Bilde des Fuhrmanns: er war von starkem Glanze und ward überall auf der Erde gesehen." Eine einfache und an sich gar nicht unwahrscheinliche Nachricht. Gleichwohl haben einige Schriftsteller daran gezweifelt, „denn ein Komet könne

nur in Unglückstagen, nicht aber während fröhlicher Feste erscheinen.“ Eine unvergleichliche Kritik!

Von solchen Schriftstellern darf es dann freilich nicht Wunder nehmen, wenn sie aus dem Sterne, der die Magier des Ostens nach Bethlehem führte, einen Kometen, ja den grössten und wunderbarsten aller Kometen gemacht haben „ in dessen Mitte Maria mit dem Jesuskinde im Arm, von Strahlen umgeben, sichtbar war.“ Freilich eine solche Gelegenheit, mit Kometen Parade zu machen, konnten sich ein *Tanner*, *Maldonat Lubinietzky* u. A. nicht entgehen lassen. — Hier sei blos bemerkt, dass in Beziehung auf einen Stern, der beständig in gleicher Richtung vor Reisenden hergeht und zuletzt über einem Hause stillsteht, die Astronomie sich gänzlich incompetent erklären muss. Sie überlässt ihn denen, welche Wundererscheinungen zu behandeln wissen.

14. n. C. *Dio Cassius* und gleichzeitig die Chinesen gedenken eines grossen Kometen.

39. Nach dem Tode des Tiberius erschien ein grosser Komet. Die chinesischen Berichte lassen ihn am 13. März in den Plejaden stehen, dann durch den Pegasus laufen und am 30. April am Kopfe der Andromeda verschwinden.

Dass der so scharfsichtige *Seneca* gleichwohl so äusserst nachlässig rücksichtlich der zu seiner Zeit erschienenen Kometen sich zeigt, muss uns in Verwunderung setzen. Selbst das Jahr der Erscheinung bestimmt er nicht genau für 60, 62 und 64 bestätigen chinesische Beobachtungen die Angaben *Seneca's*, die übrigen sind ungewiss.

65 oder 69. Der Zerstörung Jerusalems soll ein Xiphias (schwertförmiger Komet) vorangegangen sein.

76. Ein von *Plinius* erwähnter Komet, den *Titus* beobachtete, wird durch chinesische Astronomen bestätigt. Sein Schweif war 3° lang, er war 40 Tage hindurch sichtbar und stand am 7. Sept. am Kopfe des Hercules, von wo er nach β Capricorni zu rückte und von diesem Sterne 3° gegen Osten entfernt blieb.

117. Schweifloser Komet. Am 14. Januar nahe südlich bei β des Wassermanns und α des Füllens. Er rückte bis in das Gestirn der Fliege.

141. Komet mit einem 6 — 7° langen Schweife, in China beobachtet. Von α Pegasi lief er durch Andromeda und

die Plejaden nach γ der Zwillinge zu und verschwand zuletzt im Löwen.

240. Komet mit einem 30° langen Schweife. Aus den Angaben: 10. Novbr. im Schwanze des Scorpions; hierauf in Conjunction mit Venus; endlich am 19. Decbr. zwischen Wallfisch und Wassermann, hat *Burckhardt* versucht seine Bahn abzuleiten. Sie ist in unten folgender Tafel unter Nr. 1. aufgeführt.

252. Zwei Kometen gleichzeitig. Der zweite hatte einen 50—60° langen Schweif und man sah ihn 20 Tage lang. *Matuon-lin* erzählt, dass wenn er im Westen stand, sein Schweif nach Süden gerichtet war. Seine Farbe weiss; er lief von der Fliege durch den Orion. — Auch im folgenden Jahre bei γ der Jungfrau ein Komet mit einem 50° langen Schweife.

277. Der oben genannte Schriftsteller führt 5 Kometen in diesem Jahre auf, im 1. 3. 4. 5 und 7. Monat. Vielleicht einer und derselbe, dessen Sichtbarkeit durch Mondschein und anhaltende Trübheit unterbrochen ward.

336. Ausserordentlich grosser Komet: Nach den Chinesen stand er am 16. Febr. am Gürtel der Andromeda, und lief schnell bis zum Kopfe des Widders. Sein starker Glanz war nur von kurzer Dauer. — Dies führt auf die Vermuthung, dass er der Erde sehr nahe gestanden habe. Abendländische Schriftsteller bringen ihn in Verbindung mit dem Tode Constantins (22. Mai 367).

363. *Ammianus Marcellinus* lässt einen (kurz vor Julians Tode erscheinen) Kometen am hellen Tage sichtbar sein. Nach chinesischen Beobachtungen stand er am 26. August in der Gegend von α und ι der Jungfrau, was auf eine Sichtbarkeit in tiefer und heller Dämmerung, also auf bedeutenden Glanz schliessen lässt.

389. Ein auserordentlich grosser Komet, dessen *Nicephorus* und *Marcellin* erwähnen. Aber die zu uns gelangten Nachrichten über ihn wimmeln von Widersprüchen und innern Unmöglichkeiten. Nicht genug, dass die einzelnen Autoren ihn verschiedenen Jahren zuschreiben, wodurch eine Menge falscher Kometen in die Verzeichnisse gekommen sind; auch die Nachrichten über seinen Ort sind unvereinbar. Er soll z. B. um Mitternacht neben Venus geglänzt haben, was für mittel- und südeuropäische Breiten absolut unmöglich ist. Wollte man aber auch das „in

media nocte" nicht gerade auf die Mitternacht, sondern etwa auf volle Nacht beziehen, so steht abermals die Angabe des *Philostorgius* entgegen, dass er kurz vor *Theodosius* Abreise erschienen sei; denn damals stand Venus in Conjunction mit der Sonne und war unsichtbar. Hat man vielleicht Venus mit Jupiter verwechselt? Vermuthen lässt sich hier Manches; berechnen Nichts. — Sein Schweif soll flammenförmig gewesen und der Komet nach 40tägigem Glanze in der Mitte des grossen Bären verschwunden sein, woraus sich allenfalls schliessen lässt, dass das von uns gesehene Stück der Bahn zwischen dem aufsteigenden Knoten und dem (später eintretenden) Perihel gelegen habe.

390. Bei Gelegenheit dieses Kometen bedient sich *Marcellin* zur Bezeichnung des Schweifes des Worts columna; irgend ein unverständiger Abschreiber hat columba gelesen und hieraus sind durch die Wundersucht jener Zeiten ganze Flüge von himmlischen Tauben entstanden, die lustig am Himmel herumfliegen. — Möglich, dass der Komet von 390 der grosse von 389 war, der auf seiner Rückkehr von der Sonne noch einmal gesehen ward.

400. Ein ungeheurer, vom Horizont bis zum Zenith reichender Komet setzte Konstantinopel in Schrecken. — Chinesische Beobachtungen begnügen sich mit 30° Schweiflänge und lassen ihn von Cassiopeja durch den grossen Bären und an α Herculis (oder wahrscheinlicher β Leonis) vorüber gegen η und β der Jungfrau rücken und dort verschwinden.

418. Dieser Komet ward zuerst während einer totalen Sonnenfinsterniss am 19. Juli gesehen. Ein Kern war nicht sichtbar; er wird uns als eine isolirte Flamme beschrieben. Er soll bis in den November, nach Andern selbst bis in den Februar des kommenden Jahres gesehen worden sein. — Die Chinesen erblickten ihn erst im September (dort war die Sonnenfinsterniss nicht total gewesen). Sein Lauf ging von δ des Löwen gegen λ und μ des grossen Bären.

467. Grosser „trompetenförmiger" Komet, 6 Wochen hindurch sichtbar.

504. *Galfredus Monumetensis* macht eine sonderbare Beschreibung dieses Kometen: „Sein Schweif endete in einem feurigen Ballen, einen Drachen vorstellend, aus dessen Maul zwei Schweife hervorgingen, der eine nach Frankreich,

der andre nach Irland weisend (der Ort der Beobachtung ist England). Der letztere Schweif spaltete sich in 7 kleinere.“ — Die Nichterwähnung dieses Kometen in den chinesischen Annalen lässt vermuthen, dass entweder an der ganzen Sache nichts, oder dass es eine blosse feurige Lufterscheinung gewesen sei.

531. Dieser Komet wurde von *Pingré* und Andern für identisch mit dem von 1680 und 1106 gehalten, was eine Umlaufszeit von 575 Jahren ergäbe. Allein aus den Beobachtungen des grossen von 1680 hat *Bessel* in seiner Preisschrift das Resultat gezogen, dass seine Umlaufszeit jedenfalls mehrere Jahrtausende begreifen müsse. Für die Verschiedenheit beider Erscheinungen spricht auch der Umstand, dass er im September am Abendhimmel (nach *Theophanes* Bericht) gesehen worden, was mit den Elementen des Kometen von 1680 sich nicht verträgt. Die Chinesen haben einen Kometen für 530; war es derselbe? Sein Schweif hatte eine beträchtliche Länge.

539. Grosser Komet im 13 J. vor Justinians Regierung. Sein Schweif war von Ost nach West gerichtet. Die chinesischen Beobachtungen sind genauer und lassen eine ohngefähre Bahnbestimmung zu, die *Burckhardt* unternommen hat. Nur geben die Chinesen keine Breiten an, deshalb bleibt die Entscheidung zweifelhaft, ob der berechnete Knoten der auf- oder niedersteigende gewesen. Es findet sich:

$T =$ Octbr. 20. $15^h\,30'$ alten Styls.
$\pi = 313^\circ\,30'$
$\Omega = 58^\circ$
$i = 10^\circ$
$q = 0,3412.$

Bewegung direct.

Procopius Angaben enthalten die ärgsten Widersprüche: er soll im October im Schützen gestanden haben und gleichwohl der Sonne nachgefolgt sein.

565. Nur von Chinesen erwähnt. — Da er Aehnlichkeit mit den Kometen von 1683 und 1739 zu haben schien, so untersuchte *Burckhardt* die Beobachtungen, fand aber nur zwei brauchbare und konnte also keine Bahn bestimmen. Gleichwohl zeigte sich, dass keine Identität mit den beiden erwähnten spätern Kometen stattfinden könne.

566. *Abul Taraji* beschreibt einen langgeschweiften, ein gan-

zes Jahr lang nahe am Nordpole sichtbaren Kometen. Nach *Marius* blieb er nur 10 Wochen sichtbar.

568. Zwei Kometen. Der grössere erschien (nach chinesischen Berichten) am 3. Sept., ward bis zum 11. Novbr. gesehen, hatte einen 40° langen Schweif und lief vom Wassermann durch Pegasus nach dem Kopfe des Widders.

582. Glänzender Komet von *Gregor v. Tours* erwähnt. Der Schweif erschien am Abendhimmel, wie der Rauch einer grossen von weitem gesehenen Feuersbrunst.

607. Zwei oder gar drei Kometen; allein die Berichte enthalten sehr viele Widersprüche.

615. Komet von 50—60° Schweiflänge, Die Spitze schien etwas zu schwanken (vielleicht eine Zurückkrümmung, wie man an späteren mehrfach beobachtet hat).

676. Ueberaus glänzend, in Europa und China gesehen. Innerhalb der 58 Tage seiner Sichtbarkeit lief er vom Kopfe der Zwillinge gegen μ des grossen Bären.

729. *Beda* und Andre erwähnen zweier Kometen, der eine vor der Sonne aufgehend, der andre nach ihr untergehend: also wohl ein und derselbe Komet, mit der Sonne in nahe gleicher Rectascension aber in beträchtlich nördlicherer Deklination.

837. Der älteste der Kometen dessen Bahn einigermaassen zuverlässig (durch *Pingré*) dargestellt werden konnte. Die Beobachtungen der Chinesen (denn mit den europäischen ist auch hier nichts anzufangen) beginnen am 22. März. Am 6. April war sein Schweif schon 10°, am 10. April 50° lang und war in zwei Arme gespalten; am 11. zeigte er sich einfach und von 60° Länge; am 14. von 80°. Nun nahm er schnell ab: am 28. April hat er nur 3 Grad Länge und ward später nicht mehr gesehen. Sein Lauf ging vom Wassermann bis zur Wasserschlange. Noch hat sich kein Komet gefunden der Aehnlichkeit mit diesem hätte.

855. Ein Komet in Frankreich gesehen, 20 Tage lang; vielleicht der *Halleysche*.

875. Grosser, doch etwas ungewisser Komet, denn es werden von 873—878 viele, aber unter so ähnlichen Umständen aufgeführt, dass eine Verwechselung der Jahrzahlen zu vermuthen ist und nur eine Erscheinung zum Grunde liegt.

891. Langgeschweifter Komet (100° nach den Chinesen). Doch ist das Ganze sehr ungewiss. *Pingré* hielt ihn mit 1532

1661 für identisch, was sich aber um 1790 herum hätte bestätigen müssen.

895. Hier setzen chinesische Berichte (*Ma-tuon-lin*) einen Schweif anfangs von 100, später (1. Aug.) von 200 Graden. Wie soll man dies verstehen? Mehr als 180° sind ja vom Himmel nie gleichzeitig sichtbar, und nur eine ganz ungewöhnliche Nähe bei der Erde könnte einen Schweif von nahe 180° erklären, doch diese kann wohl einen Tag, aber nicht 37 Tage, während welcher der Schweif fortwährend gewachsen sein soll, anhalten. — Vielleicht ist das Ganze eine Verwechselung mit 891, denn auch die Zeitbestimmungen wollen nicht wohl passen.

905. 931. Grosse Kometen, aber Verwirrung und Widerspruch in den Berichten. Nur des erstern erwähnen die Chinesen und setzen seinen Schweif über 100° lang. — War der von 931 etwa der *Halleysche*?

939. Die Welt (d. h. Frankreich und Nord-Italien) ward durch eine totale Sonnenfinsterniss in Angst und Schrecken versetzt (*Luitprard*) und zum Ueberfluss kam noch ein Komet hinzu mit entsetzlichem Schweife, 8 Tage lang sichtbar.

942. Komet am westlichen Himmel mit einem Schweife wie eine feurige Rauchsäule. Eine grosse Rinderpest wird ihm zugeschrieben. Von 939 bis 945 hat jedes Jahr seinen Kometen und von allen wird nahe dasselbe gesagt — also wohl Jahreszahlverwechselung.

975. Grosser Bartkomet (nach *Cedrenes*). In Italien und Konstantinopel vom August bis Octbr. sichtbar. *Mailla's* chinesische Berichte lassen ihn am 11. Juli, *Gaubil's* erst am 3. Aug. im Kopfe der Wasserschlange erscheinen. Man sah ihn nur in den Morgenstunden und sein Schweif war 40° lang. Er durchlief den Krebs und stand zuletzt bei γ des Pegasus und α der Andromeda. — Diese, obgleich unvollkommenen, Berichte scheinen eine Aehnlichkeit mit den Erscheinungen von 1264 und 1556 anzudeuten, für deren Identität starke Wahrscheinlichkeitsgründe sperchen. Die Umlaufszeit wäre hiernach 289 oder 292 Jahr (Folge der planetaren Störungen) und das nächste Decemium müsste die Entscheidung herbeiführen.

989. *Burckhardt* hat die chinesische Angaben zu folgender Bahn vereinigt:

$$T = \text{Sept. } 12.$$
$$\pi = 264^\circ$$

$\Omega = 84^\circ$
$i = 17^\circ$
$q = 0{,}568.$
Bewegung direct.

1000. In diesem Jahre wimmelt es förmlich von feurigen Drachen, Flammen vom Himmel fallend, Erdbeben und andere Wunderzeichen; es versteht sich von selbst, dass dabei ein Komet nicht fehlen durfte. Wollte man ihn aber auch als existirend annehmen, so sind die Widersprüche der Autoren auf keine Weise zu vereinigen. — *Ma-tuon-lin's* chinesiche Annalen wissen übrigens nichts von ihm.

1000. *Haly-ben-Rodoan* erwähnt eines Kometen, der stärker als der halbe Mond geleuchtet und dessen Kopf 3mal grösser als Venus gewesen. *Pingré* findet die Angaben darstellbar durch

$T = \text{März } 22.$
$\pi = 304^\circ\, 30'$
$\Omega = 38^\circ$
$i = 17^\circ\, 30'$
$q = 0{,}5835.$
Bewegung retrograd.

Doch ist dies alles sehr ungewiss. — Von hier ab 60 Jahr lang eine so grosse Verwirrung in den (übrigens zahlreichen) Berichten von Kometen, dass man in gänzlicher Ungewissheit bleibt. Auch die sparsamen chinesischen Berichte klären nichts auf.

1066. Ueber 50 Schriftsteller erwähnen dieses grossen und berühmten Kometen: dass es nicht ohne arge Widersprüche dabei abgehe kann man sich leicht denken. Er erschien in der Osterwoche, oder nach den Byzantinern Anfangs Mai. Das Chronicon Augiense giebt ihn nur wenige Nächte, andre 5, 7, 12, 30, 40. die Chinesen 67. den letzteren muss abermals Alles entlehnt werden, was zu einer Bestimmung dienen kann. *De Guignes* giebt nach *Ma-tuon-lin* Folgendes an:

Der Komet erschien am 2. April zwischen α und β des Pegasus Morgens im Osten, Schweif 7° lang. Nach und nach verschwindet er in den Sonnenstrahlen. Am 24. April kommt er Abends wieder zum Vorschein und steht im Nordwest; er hat keine Nebelhülle. Auf seinem östlich gerichteten Laufe geht er durch die Hyaden dem grossen Bären zu. Später zeigte sich die Nebelhülle wie-

der. Es werden eine Menge Sternbilder aufgeführt, die er in den letzten Apriltagen durchlaufen sein soll (also war er damals der Erde sehr nahe und in diese Zeit fallen auch die meisten Erwähnungen der Abendländer. *Pingrée* hat folgende Darstellung der Bahn versucht.

$$T = \text{Mai } 30 \text{ oder } 31.$$
$$\pi = 120^\circ$$
$$\Omega = 230^\circ$$
$$i = 70^\circ \text{ bis } 80^\circ$$
$$q = 0{,}34$$

Bewegung retrograd.

Doch ist dies alles höchst ungewiss, der mangelhaften Angaben wegen.

1097. Nur kurze Zeit gesehen, jedoch sehr gross. Sichtbar in Europa vom 30. Sept. — 14. Octbr.; in China bis zum 25. Octbr. Einige geben ihn zwei Schweife, den längeren gegen O., den kürzeren gegen S. gerichtet, wogegen Andere nur von einem, jedoch sehr langen Schweife sprechen (30° — 50° die Chinesen). Sonderlich glänzend scheint er übrigens nicht gewesen zu sein, nur die Länge seines Schweifs zeichnete ihn aus. Die chinesischen Beobachtungen ergeben:

$$T = \text{Sept. } 30.\ 9^h$$
$$\pi = 332^\circ 30'$$
$$\Omega = 207\ 30$$
$$i = 73\ 30$$
$$q = 0{,}7385$$

Bewegung direct.

1106. Grosser Komet, der lange Zeit für identisch mit 531 und 1680 gehalten wurde; eine Identität, auf welche *Whiston*, bis zur Sündfluth und noch jenseit derselben zurückschliessend, seine sonderbare Cosmogenie hauptsächlich gebaut hat, mit der es aber, wie bereits oben bemerkt worden, nichts ist. In Konstantinopel und Jerusalem sah man ihn bis zum 7., in China bis zum 10. Febr. Der Kopf des Kometen stand in den Fischen, sein Schweif zog sich bis gegen Orion hin und nahm einen grossen Theil des Himmels ein. Der Kopf war nicht sonderlich. Er durchlief den nördlichen Fisch, Andromeda, den Widder, die Plejaden und Hyaden. Nach dem 20. Febr. ward er bleicher und kleiner; scheint also sowohl von der Erde als von der Sonne sich entfernt zu haben.

Die zahlreichen Kometenerscheinungen des 12 Jahrhunderts bieten zwar viel Sonderbares, aber wenig Bemerkenswerthes und gar nichts Gewisses dar. Die meisten beruhen auf Missverstand und Verwechselung, wie *Pingré* ausführlich gezeigt hat.

1222. Grosser, den Mond überglänzender (?) Komet. — Chinesische Astronomen bezeichnen seinen Lauf: vom Fusse der Jungfrau auf Arcturus und weiter zum Haar der Berenice; sichtbar vom 10. Septbr. bis 8. Octbr. Bald darauf ward König *Philipp August* von Frankreich von einem Fieber befallen und starb am 14. Juli 1223; ein hinreichender Beweis, dass der Komet seinen Tod wahrgesagt hatte!

1230. Ein Komet von mässigem Glanze, etwa *Halley's*?

1231. Grosser berühmter Komet. Die chinesischen Beobachachtungen setzen ihn:

Febr. 6. circa 320° L. und + 58° bis 60° B.
Febr. $^8/_9$. „ 298 „ „ + 60 bis 61° „
März 1. nördlich von δ, β, π und ϱ des Scorpions.

Diese und einige andre noch dürftigere Angaben hat *Pingré* zu folgender Bahn verarbeitet:

$$T = \text{Jan. } 30. \quad 7^h\, 22'$$
$$\pi = 134°\, 18'$$
$$\Omega = 13 \quad 30$$
$$i = 6 \quad 5$$
$$q = 0{,}94776.$$

Bewegung direct.

1264. In der nachfolgenden Tafel sind die Elemente nach *Pingré* und *Dunthorne* aufgeführt. Die letztern sind hauptsächlich gegründet auf einen Tractatus Fratris Aegidii de Cometis, der aber nicht nur allen andern Berichterstattern, sondern auch sich selbst widerspricht. Die zweiten Elemente Pingré's scheinen die zuverlässigste. Dass die chinesischen Beobachtungen, die bisher bei allen Kometenerscheinungen nicht nur als beste, sondern eigentlich als einzige Quelle anzusehen sind, grade bei diesem Kometen unvereinbare Widersprüche enthalten, ist um so mehr zu bedauern, als hohe Wahrscheinlichkeit vorhanden ist, dass 975, 1264 und 1556 drei Erscheinungen desselben Kometen sind. Die wie es scheint bessern Angaben (der gleichzeitigen Schriftsteller) geben ihm einen sehr langen Schweif der lange Zeit schon sichtbar war, während der Kern noch

unter dem Horizont stand, und zugleich eine ansehnliche Breite hatte, die sich aber schnell verminderte. Nur anfangs zeigte er starken Glanz, doch ward der Komet 4 Monat lang gesehen.

1265. 1266. Diese beiden Kometen scheinen ächt zu sein, so wie noch einige andere nicht besonders merkwürdige um diese Zeit. — Als eine Probe des wirklich unbegreiflichen Leichtsinns und der krassen Ignoranz der damaligen Chronikanten mag folgende Nachricht *Ferret's* dienen.

„1297. *Adolph* ward am 15. Juni getödtet als die Sonne im Bären stand, man soll damals einen Kometen gesehen haben."

Nun ward aber *Adolph* von Nassau 1298 am 2. Juli in der Schlacht bei Gelnhausen getödtet, und die Sonne stand damals im Krebse, so wie am 15. Juni in den Zwillingen. Man wird sich wohl nicht leicht entschliessen, einem Schriftsteller, dem drei so grobe Unwahrheiten in einem Athem passiren, sein dicitur für Wahrheit anzurechnen.

1299. Grosser schöner Komet. *Pingré* hat vergebens versucht, die europäischen und chinesischen Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen. Die Nachricht vom 5. März (Conjunction mit Venus) scheint die sicherste; sie liess sich mit der chinesischen Beobachtung vom 24. Januar und der europäischen vom 25. Febr. gut vereinigen; allein die zu Ende Januars gemachte steht im Widerspruch. Lässt man sie auf sich beruhen, so gaben die drei übrigen

$$T = \text{März } 31. \quad 7^h\,58'$$
$$\pi = 3^\circ\,20'$$
$$\Omega = 107 \quad 8.$$
$$i = 68 \quad 57.$$
$$q = 0{,}31793.$$

Bewegung retrograd.

1301. Ueber diesen grossen, dem von 1811 in seiner zweiten Erscheinung ähnlichen Kometen sind die Quellen: eine in Hexametern abgefasste Beschreibung des Byzantiners *Pachymeres*; einige schwer damit zu vereinigende Nachrichten abendländischer, besonders englischen Schriftsteller und endlich chinesische Beobachtungen. Je nachdem man die einen oder die andern zum Grunde legt, erhält man ganz verschiedene Bahnen, eine retrograde aus den chinesischen, eine direkte aus den europäischen Beobach-

tungen. Bei beiden kommt eine starke Neigung heraus; Aehnlichkeit mit der Bahn des Kometen von 1811, die wir durch *Bessel* und *Argelander* genau kennen, hat sich aber nicht gezeigt; auch beträgt die Umlaufszeit des letztern gegen drei Jahrtausende. — Der Komet von 1301 erschien Anfang September, sein anfangs kleiner, nördlich gerichteter Schweif verlängerte sich bis zu 10° und wandte sich östlich; Ende Oktobers verschwand er allmälich.

1305. Langgeschwänzter Komet, von 15 — 22 April sichtbar. Höchstwahrscheinlich der *Halley*sche.

1337. Der erste Komet, bei welchem die europäischen Beobachtungen mit den chinesischen wirklich übereinstimmen, wiewohl die letztern im Grunde doch die einzige Basis bleiben, da die europäischen zwar Oerter, aber keine Zeiten angeben. In Europa sah man ihn am 24.; in China am 26 Juli zuerst. Die letztern setzen ihn anfangs in die Plejaden, am 29. Juli bei γ des Hercules, am 4. Aug. bei m des Hercules, und seinen weitern Lauf durch Ophiuchus bis zum Kopfe des Scorpions; hier ward er schwächer und verschwand. In Konstantinopel sah man ihn wahrscheinlich früher, am Fusse des Perseus, und führt ihn von da durch den Stier und nahe am Pole vorbei, durch Hercules und Ophiuchus. Aber gänzlich unvereinbar sind die cambridger Beobachtungen, die wie *Pingré* bemerkt, nur deshalb aus dem Staube hervorgezogen zu sein scheinen, um die Astronomen noch mehr zu verwirren und zu quälen. *Pingré's* Bahn giebt die Tafel an.

1351. Vier chinesische Beobachtungen, die aber keine Breiten angeben, vom 24. 26. 29. 30 November. Nach europäischen Schriftstellern soll er 6 Monate, vom Novbr. bis Mai, im Krebse gestanden haben, was so gut als unmöglich ist; Andre lassen ihn in den Löwen rücken und dort verschwinden. *Burckhardt* findet es wahrscheinlich dass er sein Perihel am 26 Nov. 12 in 69° erreichte und hier etwa von Erde und Sonne, gleichweit abstand. Alles andre höchst ungewiss.

1362. Komet mit langem blassen Schweife. *Burkhardt* hat sich aber vergebliche Mühe gegeben, den Beobachtungen eine erträgliche Bahn abzugewinnen.

1380. In Japan gesehener Komet; auch von europäischen Schriftstellern erwähnt, die aber über das Jahr nicht ei-

nig sind (*Fabricius* hat 1381.) Nach allen Umständen *Halley's* Komet.

1402. Gross und glänzend: die damals Lebenden erinnerten sich keines ähnlichen. Anfangs nur schwach, nahm er bald an Glanz und Länge des Schweifes zu, der nicht von der Sonne ab- sondern seitwärts gewandt war. Nach *Kämpfer* ist er auch in Japan beobachtet worden. Die unvollkommenenen Angaben lassen keine Bahnbestimmung zu, und die Identität mit 1532 und 1661 ist sehr zweifelhaft. Ein zweiter (oder derselbe) ward im Sommer gesehen; fast aus allen Ländern liegen Berichte, aus keinem einzigen wirklich brauchbare Beobachtungen vor. Die (genuesische) Welt hielt sich für überzeugt, dass er den Tod *Galeozzo Visconti's* bedeutet habe. Noch genügsamer war man 1538, als man in ordentliche Angst darüber gerieth, dass dem Kometen gar kein Unglück folgen wollte, bis glücklicherweise in einem Dorfe bei Rom — ein Kalb mit zwei Köpfen zur Welt kam — freilich wichtig in einer Zeit, wo an Köpfen sonst eben kein Ueberfluss gewesen zu sein scheint!

1454. Dieser Komet soll den Mond verfinstert haben. Allein die Stelle des Byzantiners *Georg Phranka* sagt dies nicht deutlich, und wird viel wahrscheinlicher so ausgelegt, dass er während einer Mondfinsterniss sichtbar geworden sei. Ein Hindurchgehen zwischen Mond und Erde ist zwar an sich nicht unmöglich, aber die Durchsichtigkeit der Kometen verträgt sich nicht mit einer durch sie bewirkten Finsterniss.

1456. Erste völlig gewisse Erscheinung des *Halley*schen Kometen; so wie zugleich der erste, für welchen die europäischen Beobachtungen allein ausreichen, aus ihnen eine erträglich genaue Bahn zu bestimmen. Von jetzt ab gewinnt die gesammte Astronomie, folglich auch die Kometenkunde, ein andres Ansehen. Nicht dass die alten Mirakel sofort verschwänden, sie ziehen sich vielmehr gespensterartig noch Jahrhunderte lang fort und werden erst im 18. gänzlich und hoffentlich auf immer verscheucht; aber sie sind glücklicherweise nicht mehr das Einzige, was man uns zu melden für gut gefunden, und die mühsamen Untersuchungen liefern keine so tief beschämende Ausbeute mehr. So mögen denn von jetzt ab wenigstens in

dieser Zusammenstellung jene Monstrositäten ganz verschwinden, und wesentlicheren Dingen Platz machen.

Man sah ihn zuerst am 19. Mai Morgens. Sein Glanz nahm schnell zu; am 6. Juni war sein Kern glänzend wie ein Fixstern; er stand 50° L. und + 14° Br.; zu Rom fand man seinen Schweif 22° lang. *Ebendorf* setzt seinen Schweif nur 10° und lässt ihn vom Fusse des Perseus bis gegen Algal sich erstrecken. Als er, vom Perihel zurückkehrend, der Erde wieder näher kam, nahm sein Schweif noch zu und erreichte 60° Länge *Dlugoss* und *Michow*, zwei polnische Schriftsteller, bemerken dass er vom 16 Juni an nicht mehr unterging; dies war für Polen richtig, denn er hatte jetzt der Berechnung nach + 42° Breite und stand um Mitternacht in Norden. Gegen Ende Juni nur noch schwach; im Juli verschwand er völlig. — *Pingré's* Bahn siehe in der Tafel.

1468. Bläulichter Komet, vom Septbr. bis Novbr. sichtbar, doch nicht besonders glänzend. Die obwohl zahlreichen Angaben stimmen wenig überein und eine Bahn ist aus ihnen nicht zu ermitteln.

1471. Komet von röthlicher Farbe, im Spätjahr am Morgenhimmel sichtbar und sein Schweif nach W gerichtet. Er scheint mit dem folgenden nicht identisch zu sein.

1472 (Nr. 16. der Tafel). Sichtbar schon im December 1471, allein erst im Januar entfaltete sich sein langer schöner Schweif. *Regiomonton* hat ihn zu Nürnberg aufmerksam durch seinen Radius astronomicus betrachtet, der ihm Abstände des Kometen von den Fixsternen gab, aus denen Länge und Breite berechnet werden konnten. Er bestimmte den Kopf des Kometen zu 11 Minuten Durchmesser, die Nebelhülle zu 34. Diese Beobachtungen gaben *Halley* das Material zu seiner Bahnberechnung. *Brandes* hat seinen Schweif der Berechnung unterworfen, er findet ihn am 20. Januar 6° zurückgekrümmt und $4\frac{1}{2}$ Mill. Meilen lang; am 2 Febr. dagegen 18° zurückgekrümmt und $5\frac{1}{2}$ Mill. Meilen lang.

1476. Klein, von blassblauem Lichte, von Anfang Decbr. bis 5 Janr. 1477 sichtbar. Ortsbestimmungen fehlen.

1491. Er ward nur kurze Zeit im Januar und Februar am Abendhimmel sichtbar und *Walther* konnte ihn nicht lange genug beobachten. So ist eine Bahnbemessung nicht möglich.

1500. 1505. 6. 12. 14. 16. 18. 21. 22. 30. Alle diese Kometen scheinen, nach *Pingré's* Untersuchungen, sicher zu sein, aber von keinen finden sich hinreichende Beobachtungen. Ausser ihnen noch eine Menge zweifelhafter, oder durch Jahreszahlen - Verwechslung in die Verzeichnisse gekommener Kometen.

1531. *Halley's* Komet; zweite gewisse Erscheinung. *Apianus* in Ingolstadt hat die besten Beobachtungen angestellt; sie reichen vom 13. bis 23. August und gaben Höhe und Azimuth. Er war bis Ende September sichtbar und sein Schweif hatte 10 Tage vor dem Perihel eine Länge von $3\frac{1}{3}$ Mill. Meilen; er war der Sonne grade entgegengesetzt.

1532. (Nr. 17. der Tafel). Von *Fracastor* seit dem 22, von *Apianus* seit dem 25. Septbr. beobachtet. Ausserdem besitzen wir noch die Beobachtungen *J. Vogelin's*, eines Schülers von *Regiomontan* eines Astronomen in Wien. Dieser fasste sogar den kühnen Gedanken, durch Beobachtung der Parallaxe des Kometen seinen Abstand von der Erde zu bestimmen. Damals musste Zeit und Mühe verloren sein, aber höchst erfreulich ist es zu sehen, wie nun schon allmählig richtigere und würdigere Vorstellungen vom Weltgebäude aufdämmern, und wie der Geist des grossen *Regiomontanus* in seinen Schülern fortwirkt. *Halley* hat die Bahn dieses Kometen blos auf *Apianus* Beobachtungen gegründet; *Olbers* hat auch die übrigen damit verbunden.

1533. *Apian's* Beobachtungen umfassen nur die Zeit vom 18. bis 25. Juli und die Bemühungen von *Olbers* und *Dawes*, aus ihnen ein brauchbares Resultat zu erlangen, sind nur von geringem Erfolge gewesen. Am 21. Juli stand er hoch im Norden in der Gegend des Perseus, und konnte seiner Lage nach das Schwert vorstellen, welches Perseus in der rechten Hand hält. — Wir haben noch einige allgemeine Angaben von *Gemma* und *Fracastor* über ihn, die aber zu nichts führen als dass er von Ende Juni bis Anfangs September sichtbar war.

1556. *Fabricius* und *Gemma* beobachteten ihn. Leider sind die Originalbeobachtungen des erstern für uns verloren, nur eine aus ihnen gefertigt ziemlich rohe Zeichnung des scheinbaren Laufes hat sich erhalten, die überdies nur einen Theil desselben darstellt (von 4 — 17. März). Der Komet blieb bis zum 23. April sichtbar und verschwand

in der Cassiopeja. Er war überhaupt nur klein und sein Schweif 4° lang; und wird, wie oben erwähnt, mit dem von 1264 für identisch gehalten.

1558. Am 14. Juli gesehen und bis zum 19. Septbr. verfolgt. Landgraf *Wilhelm I.* von Hessen beobachtete ihn in der letzten Hälfte des August. *Olbers* hat aus den Angaben dieses Fürsten und denen des *Gemma, Frisius* (mit Verbesserung eines Druckfehlers bei letzterm, 20 die lies eo die) die Bahn berechnet. Er war nicht besonders glänzend.

1569. Dieser Komet, obgleich er an vielen Orten, auch von *Gilbert* in Cambridge vom 2. bis 12. Novbr. beoabchtet wurde, muss verloren gegeben werden. Die ruhmvollen Tage eines *Flamsteed* und *Bradley* waren für Brittanien noch nicht angebrochen; und was *Riccioli* dem *Kepler* über diesen Kometen zuschreibt, gilt dem von 1596. Er war klein und sein Schweif sehr matt.

1577. Grosser Komet. Mit ihm beginnt eine neue Epoche, denn er ist der erste von *Tycho* beobachtete. Die Uebereinstimmung in seinen Angaben ist ganz ohne Beispiel bis dahin. Es sind Abstände von Sternen, und er hat dabei auch Rücksicht auf die Excentricität des Auges in Bezug auf das Winkelinstrument genommen. Sie gehen vom 13. Novbr. bis 26. Januar, und haben *Halley* zur Bahnbestimmung gedient. Er kam der Sonne viel näher als alle bis dahin berechneten. *Tycho* setzt 7 Minuten Durchmesser für den Kopf des Kometen, und 22° Länge für den Schweif in der ersten Beobachtung; später nahm sie beträchtlich ab. Er war nicht genau gegen die Sonne gerichtet, und überhaupt nicht gerade: die Convexität seiner Krümmung war gegen den Scheitelpunkt gerichtet. Nach dem 18. Dcbr. wurden die Beobachtungen schwierig, und sein Kern war überhaupt nicht besonders glänzend.

Nach *Brandes* Rechnungen war der Schweif am 13. Novbr. 23° 56′, am 24. 25° 53′ zurückgebogen; am 19. findet er 24° 3′ bei einer Länge des Schweifs von 5¼ Mill. Meilen; am 23. nur 14° bei 5 Mill. Länge. Am 28. bemerkte man noch einen kürzeren und beträchtlich stärker (41°) zurückgebogenen Nebenschweif, 3 Mill. Meilen lang; von jetzt an verminderte sich die Länge der Schweife, während sich ihre Breite scheinbar verstärkte, denn der Komet entfernte sich von der Sonne und näherte sich gleichzeitig der Erde. Die Zurückbiegung blieb sich nicht

ganz gleich. Am 1. Decbr. 26° 30′, am 2. 33° 20′, am 10. 32° 20′ bei einer Schweiflänge von 9 Millionen Meilen, am 30. sogar von 9½ Millionen. — Wahrscheinlich ist diese anomale Zunahme keine wirkliche, sondern einer grösseren Heiterkeit unsrer Luft zuzuschreiben. Denn oft hat man wahrgenommen, dass die Länge der Kometenschweife gleichsam augenblicklich um Millionen von Meilen zunahm, was doch wohl keine andre Erklärung zulässt, als dass eine schnell eintretende grössere Aufheiterung gestattet habe, die äussersten, vorher nicht wahrnehmbaren Theile des Schweifes zu sehen. Am 5. Januar 1578 ist die Länge 6½ Mill., die Zurückbiegung 13° 45′; am 12. Januar finden sich 2 Millionen und 23°; von hier ab geben die Beobachtungen nur noch an, dass er sich bis zum allnächtlichen Verschwinden verkürzte.

1580. *Moestlin* in Tübingen entdeckte ihn am 2. Octbr.; ausserdem ward er noch von *Hagacius* in Prag, und *Tycho* in Uranienburg und Helsingburg beobachtet. Die Wahrnehmungen des letztern sind die zuverlässigsten; *Pingré* giebt sie im Détail. Doch sind mehrere nur von seinen Schülern und Gehülfen. Die Bahn hat *Pingré* nur auf die eignen Beobachtungen *Tycho's*, die vom 10. Octbr. anfangen, gegründet. Aus den Angaben über den Schweif lässt sich wenig folgern. Für den 26. Octbr. findet *Brandes* 16° 30′ Zurückkrümmung und 1¼ Mill. Meilen Länge; er war klein und unscheinbar.

1582. Zwei Kometen. Ueber den ersten besitzen wir nichts als die unvereinbaren und überhaupt unzuverlässige Angaben *Santucci's*, die kein andres Resultat ergeben, als dass er im März am Morgenhimmel sichtbar war. Der zweite, Nr. 22. der Tafel, ist von *Tycho* zwar mit der von ihm gewohnten Sorgfalt und Genauigkeit, aber nur am 12. 17. und 18. Mai beobachtet; seine Lichtschwäche, so wie die zunehmende Helle der Nächte, verhinderte weitere Wahrnehmungen. Am 12. Mai Länge des Schweifs 4¾ Mill. Meilen; Zurückkrümmung 42°. Am 17. Mai Länge des Schweifs 1¾ Mill. Meilen, Zurückkrümmung 33°. Die rasche Abnahme des Schweifs ist wohl meistens eine optische.

Von hier ab sind alle Data, auch der Tafel, nach dem neuen Kalender zu verstehen.

1585. Landgraf *Wilhelm* I. von Hessen und sein Hofastronom *Rothmann* (beide befanden sich an verschiednen Orten)

entdeckten ihn am 18. Octbr., zehn Tage später sah ihn *Tycho* und er ward von ihm und *Rothmann* bis zum 22. Novbr. beobachtet. Klein und unscheinbar, ohne Bart und Schweif, etwa der Praesepe an Glanz vergleichbar. Nur am 30. Octbr. und 1. Novbr. zeigte sich die schwer zu erkennende Spur eines kurzen Schweifes.

1590. Vom 5. bis 17. März von *Tycho* beobachtet. Er war mittlerer Grösse und streckte seinen langen Schweif gegen das Zenith empor. *Tycho* sah ihn in einer Nacht (am 5. März) von $4\frac{1}{2}^{0}$ bis 7^{0} scheinbarer Länge wachsen; er war stets der Sonne direkt entgegengesetzt. Obgleich er der Erde sehr nahe kam, erschien er doch nicht besonders glänzend, gehört also in die Zahl der kleinen Kometen, die leicht unbemerkt bleiben können. *Halley's* Bahn ist auf *Tycho's* Beobachtungen vom 5—16. März gegründet.

1595. *Tycho* sah ihn nicht. Die Beobachtungen seines Schülers *Johannes Ripensis* zu Zerbst reichen vom 4. August bis 3. Septbr. Sein Radius astronomicus war keiner der besten, dennoch scheint er ein seines Meisters würdiger Beobachter gewesen zu sein; *de la Caille* hält die Bahn, die er aus seinen Angaben ableitete, für ziemlich sicher. Von seinem Schweife (4^{0} am 4. August) war schon in in der Mitte des Monats wenig mehr zu sehen.

1596. Ein ziemlich heller Komet, gleich einem Sterne dritter Grösse, doch nur mit schwachem Schweife. Er hat den Berechnern viel Mühe gemacht. *Santucci's* Angaben sind auch hier verworren und widersprechend; *Rothmann's* sind sichrer, doch wenig genau; *Tycho* war auf einer Reise begriffen und konnte erst am 27. Juli, zehn Tage nach der Entdeckung, ihn beobachten und dies bis zum 12. August fortsetzen. *Pingré's* Rechnung ist auf *Tycho's* Beobachtungen allein gegründet.

1607. Rückkehr des *Halley*schen Kometen (dritte gewisse Erscheinung). *Kepler*, *Longomontanus* und *Harriot* beobachteten ihn und *Halley* hat die Bahn mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen können. Er erschien nicht besonders glänzend und namentlich war sein Schweif sehr klein, was wohl darin lag, dass er der Erde lange Zeit vor seinem Perihel wieder verschwand. Wie 1456 und 1532 war auch diesmal sein Schweif nur unbedeutend rück-

wärts gekrümmt. Länge desselben (nach *Brandes* Rechnung) am 27. Septbr. 310000 Meilen.

28. — 400000 —

7. Octbr 1300000 —

1618. In diesem Jahre erschienen 2, nach Andern 3, ja selbst 6 Kometen. Doch ist nur von zweien, Nr. 27. und 28. der Tafel, die Erscheinung vollkommen bestätigt. Den ersten kleineren berechnete *Pingré* nach *Kepler's* Beobachtungen. Am 1. Septbr. konnte ihn *Kepler* seiner Lichtschwäche wegen nur mit Mühe beobachten; als er später grösser und heller ward, verkürzte sich sein Schweif. Letzte Beobachtung am 23. September.

Der zweite, wiewohl nicht zu berechnen, ist gleichwohl wahrscheinlich echt. Man sah in Mitteleuropa anfangs nur seinen Schweif, denn der Kern blieb unter dem Horizont. Auch in Persien hat man ihn gesehen und er muss ziemlich gross gewesen sein.

Der dritte ist ein ausgezeichnet grosser und schöner Komet und von allen damaligen Astronomen fleissig beobachtet worden. *Kepler*, *Longomontan*, *Gassendi*, *Schikard*, *Harriot*, *Rhodius*, *Cysatus*, *Snellius* liefern Data zur Berechnung, natürlich von sehr verschiedener Güte. *Bessel* hat die zuverlässigeren ausgewählt und scharf reducirt; seine Bahn ist demnach allen übrigen vorzuziehen und unter Nr. 28. aufgeführt. *Brandes* hat zahlreiche Angaben über Länge und Richtung des Schweifes gesammelt und berechnet. Er findet seine Länge am 29. Nov. $5\frac{1}{2}$ Mill. Meilen, am 9. Decbr. $9\frac{3}{4}$ Millionen. Am 27. Nov. zeigte er 10° Zurückkrümmung, am 30. schon 22° 50′, am 2. Decbr. 37° 47′ und am 9. sogar 56° 11′, wobei jedoch die anfängliche Richtung in der Nähe des Kometenkopfes ganz oder nahezu eine der Sonne entgegengesetzte war. Folglich war der Schweif convex gegen die Seite, wohin sich der Komet bewegte. — Am 7. Decbr. um 8. Abends ging die Erde, nach *Bessels* Berechnung durch die Ebene der Kometenbahn, und dieser Moment war geeignet die Frage zu entscheiden, ob der Schweif gleichfalls in dieser Ebene lag. *Cysatus* bemerkt, in der That, dass er an diesem Tage nicht bogenförmig, sondern gerade ausgestreckt erschienen sei, und alle übrigen Umstände berechtigen zu dem Schlusse, dass die Ebene der Curve, welche der Schweif bildete, mit der Bahn des

☞ Der Herr Buchbinder wolle gefälligst diesen Carton gehörigen Orts einkleben, und das andere Blatt dagegen ausschneiden.

Kometen zusammenfiel. *Cysatus* Zeichnungen scheinen ziemlich genau zu sein, und *Brandes* findet aus ihnen, dass sowohl Länge als Krümmung des Schweifes, doch gewöhnlich beide gleichzeitig, bald zu- bald abnahmen, und z. B. von $6\,{}^{2}/_{5}$ Mill. und 40° 2′ (am 16. Decbr.) schon am folgenden Abend wieder auf $7\,{}^{2}/_{5}$ Mill. und 51° 20′ gewachsen waren. Am letztern Abend finden sich für die Breite des Schweifes 200000 Meilen. Am 28. und 29. Decb. finden sich sogar 9 Mill. Meilen Länge und selbst noch mehr, wenn man die Strahlenschüsse, die momentan wahrgenommen wurden (Aufheiterungen unsrer Atmosphäre) hinzurechnen wollte. Die letzte Beobachtung ist vom 16. Januar, wo der Komet 32 Mill. Meilen von der Sonne und 16 von der Erde stand, und ergiebt 3 Mill. Meilen Länge des Schweifes.

1647. Dieser kleine in Preussen und Holland gesehene Komet verschwand zu schnell, als dass seine Bahn aus den wenigen und nicht sonderlich genauen Beobachtungen bestimmt werden könnte. Der Schweif soll 12 Grad Länge gehabt haben.

1652. Grosser, aber bleicher, unscheinbarer und kurzgeschnittener Komet. Legt man *Hevels* Beobachtungen als die muthmasslich besten zum Grunde, so geht hervor, dass er am 18. Decbr., dem Tage seiner Entdeckung, schon 36 Tage über sein Perihel hinaus war. Dies erklärt hinreichend die geringe Grösse seines Schweifes. Von 2 Mill. Meilen Länge die er anfangs zeigte, hatte er sich am 26. Decbr. schon auf $^{1}/_{2}$ Mill. vermindert. Zurückgebeugt war er wenig oder gar nicht. *Brandes* findet zwar einige kleine Abweichungswinkel, aber mit zu geringer Sicherheit.

1661. Auch dieser Komet wurde erst gesehen als er schon durch seine Sonnennähe gegangen war und blieb stets beträchtlich weit von der Erde entfernt. Sowohl *Halley's* als *Méchains* Bahn gründet sich auf *Hevels* Beobachtungen; die letztere ist deshalb vorzuziehen, weil sowohl die Reduktionselemente zu *Méchains* Zeiten besser bekannt, als auch die Rechnungsmethoden schärfer geworden waren. Man sah ihn vom 3. Febr. bis 28. März, aber seine Stellung gegen die Erde war zu ungünstig, um sehr ins Auge zu fallen, und sein von der Erde abgewandter Schweif ward noch weniger bemerkt. — Wollte man die Identität dieses Kometen mit dem von 1532 und vielleicht auch dem von 1402 auch jetzt noch als entschieden an-

sehen (wie *Pingré* und *Strugk* gethan) so müsste angenommen werden, dass er 1789 oder 90, der gespannten Erwartung ungeachtet, unbemerkt vorübergegangen sei, und nach der Lage der Bahn ist dieses allerdings möglich. Die Monate, in welche das Perihel 1662 und 1531 fiel, waren der Sichtbarkeit von der Erde aus günstig; wenn er aber etwa im Jahre 1790 in der Mitte September durch sein Perihel ging, so hatte er vor derselben, im Juni, Juli und August eine starke südliche Breite und konnte in den hellen Dämmerungsnächten der europäischen Astronomen entgehen, nach dem Perihel fast immer hinter der Sonne stand und der ganzen Erde unsichtbar war.

1664. Dieser Komet setzte viele Beobachter und noch bei weiten mehr Schriftsteller in Bewegung. *Lubienitzky* hat über ihn allein einen ganzen Quartband geschrieben, der freilich für unsre Zwecke sich auf einige Seiten reducirt. Er soll zuerst in Spanien am 17. November entdeckt worden sein. Da man jetzt schon anfing, Fernröhre bei der Beobachtung anzuwenden (bisher hatte man sie zwar zur Betrachtung einzelner Weltkörper, aber nicht direkt zur Ortsbestimmung angewandt) so konnte er, der dem blossen Auge schon im Anfang Februars verschwand, doch bis zum 20. März beobachtet werden, wodurch die Bahn einen hohen Grad von Sicherheit im Vergleich zu den bisherigen erlangt hat. Zu Anfang stand er fast in Opposition mit der Sonne, und überdiess der Erde nahezu in der Ebene seiner Bahn, deshalb ward von seinem Schweife wenig wahrgenommen. Aber seit dem 18. Decbr. nahm die scheinbare wie die wahre Länge desselben beträchtlich zu. Von 4 Mill. Meilen wuchs er bis zum 26. auf 15 Millionen. Daher hatte die anfangs sehr beträchtliche Zurückbiegung sich vermindert. Nun folgte rasche Abnahme: am 9. Januar 3 Mill.; am 2 Febr. 1 $\frac{1}{2}$ Mill. — für den 28. Decbr. ergiebt die Rechnung:

Durchmesser des Kometen	23000	Meilen
Breite des Schweifes	182000	„
Länge „ „	14 Mill.	„

Nach *Hevel* erschien er an diesem Tage breit und gespreizt, wie eine Pfauenfeder, und nur etwa doppelt so lang als breit; eine Folge der Stellung gegen die Erde.

1665. Der vorige Komet war kaum verschwunden als man diesen (zu Aix) am 27. März entdeckte. Er konnte vor dem

Perihel und in einer sehr günstigen Stellung gegen die Erde, beobachtet werden. Der Kern hatte nach *Hevels* Messungen am 8. April 680 Meilen, seine Nebelhülle 24000 Meilen Durchmesser, und der nur wenig zurückgebeugte Schweif war 2800000 Meilen lang. Später stieg die Länge bis auf 6 Millionen am 8. April, nun aber eilte der Komet rasch der Sonne zu und es war keine Beobachtung nach dem 20. April, wo nur eine schwache Spur des Schweifs sichtbar war, mehr möglich.

1668. In Europa konnte man meistens nur den langen Schweif dieses Kometen sehen, da der Kopf unter dem Horizont blieb. Den kleinen und unscheinbaren Kopf sah man in Brasilien, Ostindien u. a. O.; Beobachtungen aus denen eine Bahn gefolgert werden könnte, sind nicht in hinreichender Anzahl und Güte vorhanden. Nur kurze Zeit war er im März sichtbar, und nur etwa 3 Tage lang hell glänzend.

1672. Zu *La Flèche* von den Jesuiten entdeckt am 16. März, von *Hevel* aber schon am 2. März, und bis zum 21. April von letzterem beobachtet. Dem blossen Auge blieb er nur kurze Zeit sichtbar.

1676. Dass ein Komet in diesem Jahre erschienen und von *Fontenay* in Nantes vom 14. Febr. bis 9. März im Eridanus und dem Hasen beobachtet worden sei scheint keinem Zweifel unterworfen; allein eine Bahnberechnung ist nicht möglich.

1677. 78. u. s. w. Von jetzt ab häufen sich die teleskopischen Kometen so sehr, dass nur wenige Jahre ohne Kometenerscheinungen vorübergehen. Die Elemente ihrer Bahn enthält die Tafel, und ausserdem bieten sie nur wenig Eigenthümliches dar, daher von jetzt ab nur die wichtigeren Erscheinungen bemerkt werden sollen.

1680. Dieser berühmte Komet, über dessen Bahn die treffliche Preisschrift von *Bessel* (Zeitschr. f. Astronomie) nachzusehen ist, wurde am 14. Novbr. von *Gottfried Kinch* in Koblenz entdeckt, als er sich zu einer Maasbeobachtung anschickte. *Hevels* berühmtes Observatorium war kurz vorher durch eine Feuersbrunst gänzlich zerstört worden: gleichwohl hat er ihn, so gut er konnte, beobachtet. Auf diesen und den *Flamsteed*schen, *Newton*schen und *Cassini*schen Beobachtungen hat *Bessel* seine Bahn gegründet. Sie zeigt mit völliger Evidenz, dass der Komet am 17.

Decbr. nur 128000 Meilen vom Mittelpunkt, also nur 32000 von der Oberfläche der Sonne entfernt war. In dieser ungemeinen Nähe musste er die Sonne unter einem Winkel von 96 Graden im Durchmesser, d. h. 32400 mal (der Fläche nach) grösser als wir empfinden; gleichwohl ist er nach wie vorher Komet geblieben, denn die Beobachtungen, die nach dem Perihel bis zum 18. März reichen, haben uns keine aussergewöhnliche Veränderung an ihm wahrnehmen lassen. Die Rechnung zeigt uns ferner, freilich mit einem geringern Grade der Genauigkeit, dass er im Aphelio 853, 3 Erdweiten d. h. 17700 Mill. Meilen, mithin 14000 mal weiter als in Perihelio, von der Sonne entfernt sei. Für seine Bewegung folgt im Perihelio in 1 Sekunde 53 Meilen, im Aphelio 10 Fuss. Extreme wie diese hat man noch bei keinem andern Kometen wahrgenommen. Die Umlaufszeit stellt sich am wahrscheinlichsten auf 8814 Jahre; die Unsicherheit dieser Periode ist begreiflicher Weise sehr gross, doch kann sie in keinem möglichen Falle, wie man früher annahm, 575 Jahre sein.

Sein ungeheurer Schweif von mindestens 80° scheinbarer Länge ward an mehreren Orten früher als der Kopf gesehen, dabei war er schmal, langgestreckt und grade: seine wahre Länge muss sich auf mindestens 10 Mill. Meilen erstreckt haben.

Dieser Komet ist es, welcher zuerst den Pastor *Dörfel* zu Plauen im sächsischen Voigtlande auf eine richtige Vorstellung von der Gestalt der Kometenbahnen geführt hat. Nach ihm beschreiben sie Parabeln, in deren Brennpunkt sich das Centrum der Sonne befindet.“ In der That sind, wie bemerkt, fast alle elliptischen Kometenbahnen von der Parabel wenig verschieden. Es ist ganz unglaublich welch eine Masse von unendlichen Vorstellun gen früher über diesen Punkt geherrscht hatte. Die Wahrheit unendlich einfacher als jene Hypothesen, hat ihnen, in der wissenschaftlichen Welt wenigstens, mit Einem Schlage ein Ende gemacht.

1682. Rückkehr des *Halley*schen Kometen. *Picard*, *Lahire* und *Hevel* beobachteten ihn seit dem 26. August, später auch *Maraldi* zu Paris und *Flamsteed* zu Greenwich. Er erschien in starkem Glanze, obgleich er dem von 1680 nicht gleich kam.

1686. Dieser Komet, dessen Schweif bis zu 18° scheinbarer Länge anwuchs, ward anfangs nur in den südlichen Gegenden der Erde gesehen: zu Amboina, Siam, Brasilien im August. Den Europäischen Astronomen wäre er beinahe entwischt, wenn nicht ein Bauer aus der Umgegend von Leipzig ihn am 16. Septbr. entdeckt und bis zum 22; freilich ziemlich roh, beobachtet hätte. Indess benacsrichtigte er am 17. *Gottfried Kirch* von seiner Entdeckung, der hierauf einige genauere Bestimmungen am 18. und 19. machte. Aus diesen und 4 Beobachtungen des *P. Richard* zu Pau hat *Halley* die Bahn berechnet, die freilich an Genauigkeit sich mit den meisten übrigen um diese Zeit ausgeführten nicht messen kann.

1589. Man sah in Europa und zu Peking den langen, gekrümmten Schweif eines Kometen vom Horizont heraufsteigen, aber nicht den Kometen selbst. Die Beobachter, welchen der letztere sich zeigte (in Ternate, Ponduhery, Malacca) sahen ihn die Sternbilder des Centauren und des Wolfes durchlaufen und fanden seinen Schweif im Maximo (am 22.) gegen 60° lang. *Duhalde* zu Peking verfolgte die Bewegungen des ihm zu Gesicht kommenden Schweifsstücks. *Pingré's* Versuch einer Bahn gewährt nur geringe Sicherheit.

1695. Mit ihm hat es eine ähnliche Bewandtniss wie mit dem vorigen. Er konnte nur in südlichen Ländern beobachtet werden, und hier sind die Data wenig genau. *Noel* in Macao sah nur einen Theil des Schweifes, und dieses Stück war um 2. Novbr. 15°, am 4. und 5. 30°, am 6. 40° lang. Aber auch die Beobachtungen in Surate, S. Anna, der Bai Todos Santos in Brasilien, wo man den ganzen Kometen sah, sind so roh und schwankend, dass *Pingré* nichts aus ihnen herausbringen konnte. Die Bahn Nr. 41. von *Burckhardt* ist aus einer später aufgefundenen Handschrift, welche die im Depôt de la Marine niedergelegten Beobachtungen *Delisles* enthält, berechnet worden.

Von den Kometen der nächstfolgenden Jahre war nur der zweite von 1699 in nördlichen Gegenden dem blossen Auge sichtbar, in südlichen Gegenden mehrere. Im Febr. 1702 muss sich in der Nähe des südlichen Himmelspoles ein grosser und glänzender Komet gezeigt haben. Diesseit des Wendekreises sah man ihn Anfangs gar nicht und später nur einen Theil seines Schweifs. Er darf mit

dem in der Tafel aufgeführten (dem zweiten von 1702) nicht verwechselt werden. Für letzteren liegen nur Beobachtungen vom 28. April bis 5. Mai vor.

1707. Dieser Komet ist wegen seiner fast senkrecht auf die Ekliptik stehenden Bahn merkwürdig. Sollte er einst am 28. Novbr. sein Perihel erreichen, so wird er gegen Ende Oktober der Erde sehr nahe kommen, und dann kann er einige Nächte hindurch einen prachtvollen Anblick gewähren. Bei dieser Erscheinung ward er vom 25. Novbr. bis 23. Januar beobachtet.

1708. 1717. Beide nur ein einziges Mal gesehen, demnach nicht zu berechnen. Der erstere muss sehr gross gewesen sein, da er neben dem Monde und in der Nähe des Horizonts auch dem blossen Auge sichtbar war, doch ist es nicht ganz gewiss ob hier von einem wirklichen Kometen die Rede sei.

1723. Gut sichtbar, und unter andern von *Bradley* beobachtet. Die ausgezeichnete Genauigkeit dieses trefflichen Astronomen hat sich auch hier bewährt, und die stärksten Abweichungen erreichen noch nicht eine Minute.

1729. Unter allen uns bekannten Kometen derjenige, welcher in seinem Perihel am weitesten von der Sonne entfernt blieb. Nur bei noch 5 Kometen überschreitet das Perihel die Marsbahn, und der entfernteste derselben (der von 1747) kommt doch der Sonne noch auf 49 Mill. Meilen nahe, während dieser 84 Mill. Meilen entfernt bleibt und also selbst im Perihel der Jupitersbahn näher als irgend einer andern planetarischen Bahn steht. Er ward vom Pater *Sarabat* in Mismes am 31. Juli entdeckt als seine Distanz von der Erde 65 Mill. Meilen betrug, und diese war fast auf 90 Mill. Meilen gestiegen, als *Cassini* am 18. Januar 1730 ihn zuletzt beobachtete. Kein Komet, selbst der von 1811 nicht ausgenommen, konnte bis in diese Fernen verfolgt werden, woraus man schlissen muss, dass er in der Wirklichkeit der grösste von allen, die jemals der Erde zu Gesicht kamen, gewesen sei. *Cassini* hat ihn 44 mal mit grosser Genauigkeit beobachtet und ihn noch Ende Januars, aber zu schwach, wahrgenommen. In dieser langen Zeit hatte er gleichwohl nur 21° seiner wahren heliocentrischen Anomalie zurückgelegt, weshalb es grosse Schwierigkeit machte die Bahn scharf zu bestimmen. *Burckhardt* hat dies in der Connoissance des

Tems 1821, mit Anwendung aller analytischen Hülfsmittel der neuern Zeit, ausgeführt und zwei Bahnen berechnet, deren eine hyperbolisch ist, von der aber die zweite parabolische sich nur wenig entfernt. — Er zeigte, wie dies auch kaum anders zu erwarten war, keinen Schweif, war überhaupt dem blossen Auge unsichtbar und äusserst lichtschwach. In Bezug auf seine etwanige Wiederkehr bemerkt *Struyk*, dass diese nur in der Gegend des Delphins und Adlers, wo sich sein Perihel befindet, erwartet werden könne.

1737. Die Bahn dieses Kometen hat *Bradley* nach seinen eignen zu Oxford vom 26. Febr. bis 2. April angestellten, sehr genauen Beobachtungen, berechnet. Man sah ihn an vielen Orten mit blossen Augen. Am 5. März bedeckte er, nach *Whiston*, den Stern ν im Wallfische. Er ist nicht zu verwechseln mit einem zweiten Kometen dieses Jahrs, der blos in China gesehen wurde und dessen Bahn *Dausey* berechnet hat.

1739. Lange Zeit in Europa gesehen, doch nur von *Zanotti*, in Bologna vom 28. Mai bis 18. Aug. beobachtet.

1742. Schon am 5. Febr. am Cap der guten Hoffnung gesehen, aber in Europa zuerst in Irland von *Grant* entdeckt; ein grosser und ziemlich heller Komet.

1743. Diesen Kometen hält *Claucen* für identisch mit dem 3. von 1819 (Nr. 122) und giebt ihm eine Umlaufszeit von etwa $6\frac{3}{4}$ Jahren. Indess konnte er nur unvollkommen beobachtet werden. *Margaretha Kirch* bestimmte am 7. Januar seinen scheinbaren Durchmesser zu 18′ also etwas mehr als der scheinbare Mondhalbmesser.

1744. Diesen prachtvollen Kometen entdeckte *Klinkenberg* in Hadene am 9. Decbr. 1743 um 9 Abends, nördlich vom Widder in der Nähe des Triangels. An seinem grossen und glänzenden Kopfe wollen einige Beobachter eine Axendrehung bemerkt haben. Zuverlässiger ist eine andre von *Heinsius* mit einem ausgezeichnet schönen Fernrohr gemachte sorgfältige Beobachtung. *Heinsius* sah nämlich vom Kerne des Kometen aus nach der Sonne zu zwei kleine flammenartige, breite, gekrümmte Strahlen, die nach Art eines Fächers auseinanderstanden und sich ihre convexen Seiten zuwandten. Es schien als ob die Lichtbüschel sich noch weiter abwärts von der Richtung zur Sonne herüberkrümmten und so in den Schweif über-

gingen. Nach dem Januar zeigte sich dies noch deutlicher. Die Fläche von der die Flammen ausgingen, war breiter, sie nahm fast die ganze der Sonne zugewandte Hälfte des Kernes ein, und in der Zeichnung, welche *Heinsius* über diesen Kometen am 4. Febr. giebt, zeigt sich unverkennbar, dass die Zurückkrümmung dieser Flammenbüschel den Schweif des Kometen bildete. Die Mittellinie der beiden Büschel ging zwar in der Regel, doch keinesweges immer, der Sonne zu. Am 31. Januar zeichnet *Heinsius*, den Komet so, dass einer der Büschel der Sonne zu, der andre mehr von ihr abgewandt ist. Erst in neuern Zeiten haben diese Beobachtungen durch Vergleichung mit dem *Halley*schen Kometen, der 1835 eine ähnliche, von allen Astronomen bemerkte, nur etwas weniger augenfällige Erscheinung darbot, zu höchst wichtigen Resultaten geführt, indem *Bessel* es wahrscheinlich gemacht hat, dass eine wirkliche Ausströmung vom Kometen aus stattgefunden habe.

1748. Es wurden im Mai zwei Kometen gleichzeitig mit blossen Augen gesehen; der eine hoch im Norden, der andere hellere, jedoch schweiflose, im Westen. Unter 59 und 60. sind die Bahnen aufgeführt. Der letztere machte Schwierigkeiten, da *Klinkenberg* ihn nur dreimal (19. 20. 22. Mai) beobachten konnte. *Struyk* versuchte dennoch die Bahn zu berechnen: *Bessel*, der die Beobachtungen schärfer reducirte, findet sie beträchtlich anders als jener.

1758. Schon am 26. Mai von *La Nux* auf der Insel Bourbon gesehen; in Europa aber erst spät betrachtet. Man sah ihn zu London schwach in der hellen Dämmerung am 18. Juni, eben so in Dresden am 25. und 27. Juli. Endlich beobachtete ihn *Messier* vom 15. Aug. bis 2. Novbr. Seiner günstigen Stellung gegen die Erde ist diese lange Sichtbarkeit zuzuschreiben.

1759. Die berühmte im Voraus angekündigte Wiedererscheinung des *Halley*shen Kometen. *Halley* selbst hatte schon vorhergesagt, dass seine nächste Erscheinung sich, besonders wegen der Jupiters und Saturnsstörungen, im Vergleich zu der von 1682, um mehr als ein Jahr verzögern werde. *Clairaut* unternahm eine genauere Berechnung; sie war, zumal in ihrer damaligen Form, ungemein mühsam und weitkünftig. Fast ein Jahr rechnete er und die geschickte Astronomin Madame *Lepaute* so eifrig,

dass sie sich kaum die Zeit zu einem einfachen Mittagessen nahmen, und fanden, dass der Komet am 13. April 1759 durch sein Perihelium gehen werde. Doch fügte *Clairaut* hinzu, dass die Unsicherheit der Planetenmassen, die bei der Berechnung — nothgedrungen, um nur fertig zu werden — übergangenen kleinen Nebenglieder der Störungsgleichungen und vielleicht noch die Wirkung eines unbekannten, jenseit des Saturn kreisende Planet den bestimmten Zeitpunkt vielleicht um einen Monat unsicher machen könnten. Man war allgemein in der gespanntesten Erwartung.

Am 25. Decbr. 1758 fand *Palitzsch*, ein wohlhabender und in der Astronomie nicht unerfahrner Bauer zu Prohlis bei Dresden, der ein gutes Fernrohr besass, einen neblichten Stern den er für den erwarteten Kometen hielt*). Er benachrichtigte davon den Dr. *Hoffmann* und der Komet ward nun in Dresden und Leipzig beobachtet. Noch war er dem blossen Auge nicht sichtbar. *Messier* hatte fast ein Jahr lang schon nach ihm gesucht und nachdem er ihn endlich, ohne von der Entdeckung in Deutschland Etwas zu wissen, am 21. Januar 1759 auffand, untersagte ihm sein Vorgesetzter *Delisle* aufs Bestimmteste jede Mittheilung darüber, selbst an die Astronomen zu Paris. So war er genöthigt allein zu beobachten, und er setzte dies bis zum 13. Februar fort, wo er, dem Perihel entgegengehend, in den Strahlen der Sonne verschwand.

Nach dem Perihel (was in der Nacht vom 12. zum 13. März eintrat) sah ihn zuerst *la Nux* auf Bourbon am 26. März, und *Bessier* am 31. wieder. Jetzt endlich erlaubte der

*) In mehrere astronomische Schriften ist die falsche Nachricht übergegangen, *Palitzsch* habe den Kometen mit blossen Augen entdeckt. Dies ist irrig; er beobachtete mit einem 8 Fuss Focallänge haltenden ziemlich starken Fernrohr, war auch in der Theorie der Sternkunde kein Fremdling und berichtete seine Auffindung sogleich an die Dresdner Astronomen, ohne sich bestimmt darüber auszusprechen, dass es der Komet sei, indem er die Entscheidung den Sachverständigen überliess. Dem braven *Palitzsch*, dem kein eifersüchtiger Astronome Royal den Ruhm der ersten Entdeckung zu rauben vermochte, gebührt also auch der nicht geringere einer — unter astronomischen Dilettanten leider immer seltner werdenden — zurückhaltenden und ruhig abwartenden Bescheidenheit.

kleinlich eifersüchtige *Delisle* die Bekanntmachung der *Messier*schen Beobachtungen (die dieser auch augenblicklich bewirkte) als die Wiedererscheinung längst bekannt und der Komet an vielen Orten beobachtet worden war. Vom 22. bis 28. April war seine südliche Declination zu stark, um auf den mitteleuropäischen Sternwarten Beobachtungen zu gestatten; am 28. kam er wieder zum Vorschein und ward nun bis zum 4. Juni, wo *Messier* ihn aus dem Gesichte verlor, zu Paris und an vielen Orten beobachtet. Die ganze Dauer seiner teleskopischen Erscheinung umfasste demzufolge (die Unterbrechungen mitgerechnet) 161 Tage; dem freien Auge war er nur kurze Zeit vor und nach dem Perihel deutlich sichtbar.

Eine Aufzählung seiner Beobachtungen wäre fast identisch mit einer Namenliste sämmtlicher damaliger Astronomen. Nur die nordeuropäischen, in Russland, Schweden, England, sahen wenig von ihm. *Messier's* Beobachtungen sind allen andern vorzuziehen und *Rosenberger* hat bei seiner äusserst scharfen Berechnung, wobei selbst die Störungen während der Dauer der Sichtbarkeit nicht vernachlässigt sind, ihnen das volle Gewicht beigelegt.

An Glanz stand der Komet der Erscheinung von 1682 nach; nicht an Länge seines Schweifes. Ueber diesen haben wir aus der Zeit, wo er sich der Erde am besten zeigte, aber in Europa wenig oder gar nicht gesehen werden konnte, folgende Angaben:

April	21.	8°	*La Nux* auf Bourbon.
„	28.	25	„ „
Mai	1.	33	„ „
„	5.	47	„ „
„	14.	19	„ „

April 30. 10° *Coeurdoux* in Ponduhery. (Die Interpolation aus den Angaben von *La Nux* ergiebt für diesen Tag 30°, ein Beweis wie verschieden zwei Beobachter den gleichen Gegenstand schätzen können. Vom 4. Juni 1759 bis 5. Aug. 1835, d. h. von *Messier's* letzter bis zu *Damoucheľs* erster Beobachtung der nächstfolgenden Erscheinung, verflossen 76 Jahre 62 Tage. Die Beobachtungszeit in dieser Erscheinung umfasst demnach nur den 162. Theil der Umlaufszeit.

Noch zwei Kometen sind in diesem Jahre aufgeführt; beide wurden zwar erst im Januar des folgenden gesehen,

sie gehören aber ihrem Perihel nach zu 1759. Der erstere war fast nur teleskopisch, der zweite hingegen erschien, wiewohl nur kurze Zeit, auch dem blossen Auge und durchlief am Tage seiner Entdeckung, wo er der Erde sehr nah stand, in 2 Stunden 2° 25′ eines grössten Kreises am Himmel. Er war, vom Perihel kommend, der Erde entgegengegangen und stand wenig mehr als 1 Mill. Meilen von ihr.

1763. Unter den Kometen nach 1759 machte dieser kleine den ersten Berechnern, *Pingré* und *Lexell*, viel vergebliche Mühe. Sie konnten weder eine Parabel noch eine Ellipse finden, welche den Beobachtungen *Messiers* genügte. *Burckhardt* fand dass die zum Grunde gelegten Sternpositionen sehr fehlerhaft waren und dass nach Verbesserung dieser Oerter sich eine gut übereinstimmende Bahn (Nr. 66.) finden lasse.

1766. Ein sehr ähnlicher Fall. Dieser vor dem Perihel von *Messier* und *Helfenzrieder* beobachtete Komet erschien nach dem Perihel wieder, doch ohne über den Horizont Mitteleuropa's sich zu erheben. Dagegen beobachtete ihn *la Nux* aufmerksam, nur leider mit sehr unvollkommenen Hülfsmitteln; und *Pingré* konnte diese Beobachtungen nicht mit den Europäischen zu einer Bahn vereinigen. Deshalb versuchte *Burckhardt* (Conn. des tems 1821) eine elliptische Bahn, welche die Oerter vor und nach dem Perihel ziemlich gut vereinigt, aber freilich eine Umlaufszeit von nur 5,02545 Jahren giebt, wobei es doch sehr auffallend erscheinen muss, dass man ihn seitdem in 14 Periheln nicht wieder gesehen hat. Die Annahme, dass seine Bahn durch Störungen gänzlich verändert worden sei, ist nicht wohl statthaft, denn von Jupiter (dem Hauptstörer der Kometen) blieb er sowohl in den nächsten als in den folgenden Aphelien stets sehr weit entfernt; in andern Punkten der Bahn kommt er nur Mars und den kleinen Planeten zuweilen nahe, doch diese können nie bedeutend einwirken und so wäre zwar eine Verzögerung oder Beschleunigung von einigen Tagen, nicht aber ein gänzliches Ausbleiben, zu erwarten gewesen. Ueberdiess war der Komet bis zum 12. Mai den blossen Auge sichtbar, und nach *Burckhardts* Berechnung musste er eine kleine Reihe von Umläufen hindurch nahe dieselbe Stellung gegen Erde und Sonne bei der Rückkehr haben. Es scheint demnach

nicht, dass wir die Ellipticität dieses Kometen näher kennen gelernt haben.

1769. Ein schöner grosser Komet. *Messier* entdeckte ihn am 8. August und beobachtete ihn bis zum 1. Decbr. Er entfaltete besonders gegen die Mitte des Septembers einen äusserst prachtvollen Schweif. In den tropischen Gegenden, wo die Heiterkeit des Himmels bei weitem die unsrige übertrifft, fand man ihn bis über 90° lang. Man vergleiche z. B. folgende Angaben:

28 Aug.	7°	*Markelque*
	17	*Messier*
	19,5	*Pingré, Fleurieu, la Nux*
9 Sept.	43°	*Markuelque*
	55	*Messier*
	60	*la Nux*
	75	*Pingré, Fleurieu*
11 Sept.	90°	*Pingré*
	97,5	*la Nux.*

Diese sämmtlich von geübten und sorgfältigen Beobachtern herrührenden Angaben zeigen deutlich, welchen grossen Einfluss die Heiterkeit der Atmosphäre auf die Länge des Schweifs hat. Noch mehr wird dies bestätigt durch die von *Pingré* und *Fleurieu* deutlich wahrgenommene Strahlenschüsse, die plötzlich, wie bei Nordlichtern, eintreten und den Schweif momentan um zehn und mehrere Grade verlängern. — Der Kopf des Kometen war gleichfalls sehr gross und die Nebelhülle sehr stark glänzend.

Die Krümmung des Schweifs ist gleichfalls sehr bestimmt wahrgenommen worden. Er war westlich gerichtet und seine Convexität nördlich. Einigemale bemerkten *Pingré* und *la Nux* am Ende des Schweifes eine wellenförmige Gegenkrümmung, beträchtlich kleiner als die erste, deren Convexität südlich gerichtet war. Der Komet hatte dadurch ganz das Ansehen einer grossen, durch die Luftströmungen mehrfach gebogenen Flamme. Diese Angaben sind durchaus zuverlässig, denn die Beobachter geben die Sterne an, durch welche und bis wohin der Schweif ging, und ihre Angaben lassen in Bezug auf Vollständigkeit und Bestimmtheit nichts zu wünschen übrig.

Nicht weniger als 18 Bahnen dieses Kometen sind berechnet worden, die übrigens alle sehr nahe mit einander stimmen. Damals, wo die Astronomen noch mehr als jetzt

isolirt waren, berechnete gewöhnlich jeder ausschliesslich seine eignen Beobachtungen. Vier von diesen Bahnen, die von *Asclepi*, *Pingré*, *Lexell* und *Bessel* sind elliptisch, die übrigen legen eine Parabel zum Grunde. Mit Ausschluss aller übrigen ist in der Tafel die *Bessel*sche aufgeführt worden; ihre Vorzüge sind zu gross und entschieden, als dass die Wahl hätte zweifelhaft sein können. Nach ihr wird der Komet im J. 3789 zurückkehren und er entfernt sich in seinem Aphelio, was im Jahre 2779 eintritt, 319 mal weiter als die Erde von der Sonne, also 6600 Mill. Meilen.

1770. Kein einziger unter allen Kometen hatte bis dahin den Berechnern so schwierige Räthsel dargeboten als dieser. Man war gewohnt (und dies Verfahren ist auch noch jetzt in den meisten Fällen das richtigste), jede Bahn zuerst parabolisch zu berechnen, denn noch nie hatte sich eine so starke Ellipticität gezeigt, dass nicht bei nur einmaliger Erscheinung die Parabel mit den Beobachtungen zu einer im Ganzen befriedigenden Congruenz hätte gebracht werden können. Bei diesem Weltkörper nun zeigte sich die völlige Unmöglichkeit einer Parabel so schlagend, dass *Pingré*, *Prosperin*, *Widder* u. A. nach einer Menge von fehlgeschlagenen Versuchen auf den Gedanken geriethen, die grosse Nähe, in welche der Komet am 28. Juni zur Erde gekommen (360000 Meilen), möge seine Laufbahn gänzlich verändert haben. Allein *du Séjour* zeigte, dass diese Wirkung, wenngleich bedeutend, doch die wahrgenommenen Unterschiede keinesweges erklären könne. *Lexell* in Petersburg versuchte deshalb eine Berechnung ohne anfängliche Hypothese über die Art des Kegelschnitts, und fand, dass eine elliptische Bahn, in welcher die mittlere Entfernung = 3,14786, und die Umlaufszeit 5 Jahr 7 Monat ist, allen Beobachtungen Genüge leiste. *Burckhardt* hat neuerdings bei schärferer Reduktion der Beobachtungen dieses Resultat sehr nahe bestätigt gefunden: er erhält die mittlere Entfernung = 3,143462, die Umlaufszeit hingegen 5 Jahr 209,4 Tage.

Allein ist ein solches Resultat auch möglich? Wie kommt es, dass man ihn weder vor- noch nachher wiedergesehen hat, z. B. nicht im März 1776, noch im October 1781 u. s. w.? Er war allerdings, die wenige Tage seiner grossen Erdennähe abgerechnet, nur teleskopisch;

jedoch hat man schwächere Kometen gefunden und wiedergefunden — warum nicht diesen? die Schwierigkeit hat sich auf eine eigenthümliche Weise gelöst. Am 27. Mai 1767 kam der Komet, der bis dahin eine ganz andere Bahn gehabt haben muss, nach Ausweis der Rückwärtsrechnung in der *Lexell*schen Ellipse, dem Jupiter so nahe, dass die Wirkung dieses Planeten auf ihn momentan weit stärker als die der Sonne sein musste. Er ward also durch ihn in eine ganz verschiedene Bahn gelenkt, und dies ist die *Lexell-Burckhardt*sche, in der er am 28. Juni 1770 der Erde so nahe kam, und am 13. August ein Perihel von 14 Mill. Meilen Distanz erreichte. In dieser Bahn kehrte er im März 1776 in der That zur Sonne zurück, jetzt aber stand die Erde in der entgegengesetzten Hälfte ihrer Bahn, er war also gegen 40 Mill. Meilen von ihr entfernt und zwischen beiden stand die Sonne; beides bewirkte, dass der Komet nicht gesehen werden konnte. Am 23. Aug. 1779 kam er, nahe dem Orte, wo er vor 12 Jahren gestanden, dem Jupiter abermals noch weit näher, nämlich so, dass er zwischen diesem Planeten und der Bahn seines 4. Satelliten hindurchging. In dieser Nähe musste er vom Jupiter eine 24 mal stärkere Wirkung als von der Sonne erfahren, und *Laplace* hat gezeigt, dass er eine Veränderung der Bahn erlitt, bei welcher er künftig stets weiter als Ceres von der Erde entfernt bleiben muss, wonach also keine Hoffnung bleibt ihn jemals wieder zu sehen. Das angeführte Beispiel ist das merkwürdigste in Bezug auf planetare Störungen, welche die Kometen erfahren.

1781. Zweiter Komet. — Unter den nach 1770 erschienenen Kometen des 18. Jahrhunderts waren nur wenige dem blossen Auge sichtbar; zu diesen gehört der gegenwärtige. Doch währte das nur kurze Zeit, und war nur Folge seiner grossen Erdnähe. Am 9. Novbr. um 6½ Uhr Abends kam er dieser bis auf 5¼ Mill. Meilen nahe, ward nahe beim Pole der Ekliptik gesehen, zeigte einen 4° langen Schweif und eine 5 Minuten im Durchmesser haltende Nebelhülle. — Ungünstige Witterung war den Beobachtungen und folglich auch der scharfen Bahnbestimmung sehr nachtheilig; *Méchain* verfolgte ihn vom 9. Octbr. bis 25 Decbr. — Es möge hier noch bemerkt werden, dass der im März d. J. entdeckte Uranus anfangs

für einen Kometen gehalten und selbst in dieser Voraussetzung eine parabolische Bahn berechnet wurde, die sich freilich sehr bald als ungenügend erwies.

1714. Dieser Komet konnte in südlichen Gegenden vor seinem Perihel mit blossen Augen gesehen werden. *La Nux* fand ihn schon am 15. Decbr.; in Paris sah man ihn erst am 24. Januar. Am 11. März verschwand er in den Sonnenstrahlen und ward nachher, doch schon in einer Entfernung von 30 Mill. Meilen, vom 9. bis 26. Mai gesehen. Seine wahre Grösse scheint hiernach nicht unbedeutend und erscheint er einst in vortheilhafterer Stellung, so kann er einen ziemlich starken Glanz entfalten.

Ein zweiter Komet, der in diesem Jahre aufgeführt worden, ist nichts als — eine schändliche Lüge des Ritters *d'Angos* in Malta, der Beobachtungen erdichtete, indem er rein willkürlich Elemente eines nicht existirenden Kometen annahm, sich daraus geocentrische Oerter berechnete und diese für seine Beobachtungen ausgab! Man stelle sich die Entrüstung der Astronomen vor als es dem Scharfsinne *Encke's* gelungen war, den unerhörten Betrug aufzudecken.

1786. Eine Entdeckung der berühmten Schwester *Herschel's*, *Miss Caroline*. Sie fand ihn am 1. August und gab *Maskelyne* davon Nachricht; er konnte bis zum 26. October gesehen werden. — *Miss Herschel*, die treue Gehülfin ihres Bruders, hat allein 9 Kometen entdeckt, und ihr mit ausgezeichneter Sorgfalt bearbeiteter Sterncatalog, so wie ihre übrigen Beobachtungen, werden ihr stets einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Himmelskunde sichern. Noch jetzt (Dcbr. 1840) lebt sie, 92 Jahr alt, zu Hannover, der Geburtsstadt der Familie *Herschel*.

1793. Dieser von *Perny* am 24. Septbr. entdeckte und bis zum 3. Octbr. beobachtete Komet muss ansehnliche Grösse haben, da er (freilich nur durch Teleskope) in einer so beträchtlichen Entfernung von Erde und Sonne gesehen ward. Die von *Burckhardt* berechnete elliptische Bahn hat einige Aehnlichkeit mit der Bahn von 1783, die gleichfalls durch eine Parabel nicht dargestellt werden konnte. Doch wird die Identität zweifelhaft durch die in Bezug auf seine heliocentrische Bewegung sehr kurze Zeit der Beobachtung in beiden Erscheinungen.

1807. Dieser grosse und schöne Komet, der alle seit 1769

gesehenen an Glanz übertraf (dem von 1811 indess nicht gleich kam) wurde am 9. Septbr. 1807 zu *Castro Giovanni* in Sicilien von den Augustinermönchen entdeckt. Mit dem 21. Septbr. beginnen die astronomischen Beobachtungen und gehen bis zum 27. März, wo *Wisniewsky* in Petersburg ihn aus dem Gesichte verlor. Er übertraf die Sterne zweiter Grösse, hatte einen lebhaft glänzenden und gut begrenzten Kern und einen schönen Doppelpelschweif, der in zwei Aesten mehrere Grade fortlief und einem dunklen Zwischenraum zwischen sich frei liess. Einer der Aeste war stark gebogen und die Convexität der Krümmung gegen den andern gerichtet. Sein starker Glanz nahm indess bald ab und der Kern vermischte sich mehr und mehr mit der Nebelhülle. Schon im Decbr. war es schwierig, ihn mit blossem Auge zu sehen und im Januar zeigte ihn nur noch das Fernrohr. *Bessel* in Lilienthal suchte ihn noch den 29. Febr. vergebens; in Petersburg war er zwar noch 4 Wochen länger sichtbar, doch ungemein lichtschwach. Zur Zeit der bessern Sichtbarkeit hatte der Kern 5 Sekunden Durchmesser. Nach *Bessel's* (Untersuchungen über die Bahn des grossen Kometen von 1807. Königsberg 1810) völlig scharfer Berechnung erreicht er in seinem Aphelio eine Entfernung von 5910 Mill. Meilen und braucht 1713,5 Jahre zu seinem Umlaufe. Werden dagegen die Störungen, die er nach seinem Perihel erfahren hatte, bis zum März 1815 von wo ab sie unmerklich werden, in Rechnung gezogen, so ergiebt sich (nach *Bessel*) eine Verminderung der Excentricität bis auf 0,99516151 und die nächste Wiederkehr ist schon in 1543,1 Jahren zu erwarten. Das Resultat lässt gegenwärtig noch eine kleine Verbesserung zu. *Bessel* berechnete die Störungen mit Planetenmassen wie sie zur Zeit bekannt waren. Seitdem aber hat unsre Kenntniss derselben erheblich gewonnen und unsre jetzigen Zahlen für diese weichen von den früheren nicht unbedeutend ab. Namentlich hat *Airy* die Jupitersmasse mit grosser Schärfe bestimmt und sie ist $= {}^{1}/_{1048{,}69}$ während man früher mit *Laplace* ${}^{1}/_{1070{,}5}$ annahm. Wenn man untersucht, was erhalten worden wäre, bei einer Anwendung der *Airy*schen Masse, und bei diesem Ueberschlage von der Aenderung der übrigen Planetenmassen, so wie von den höhern Potenzen der Masse Jupiters absieht, so

erhält man für die Dauer des gegenwärtig begonnenen Umlaufs 1540 Jahre. Allein da die kleinste Unsicherheit in der so schwer zu bestimmenden Excentricität immer eine sehr grosse Aenderung in der Umlaufszeit mit sich führt (bei dem gegenwärtigen Kometen ändert sich die Umlaufszeit um $\frac{1}{2}$ Jahr wenn man die 6. Decimale der Excentricität nur um eine Einheit ändert) so bleibt jedenfalls eine Unsicherheit von mehreren Jahrzehnden auch bei der schärfsten Rechnung zurück und man kann also nur sagen, der Komet werde im Laufe des 33. Jahrhunderts unsrer Zeitrechnung wiederkehren.

1808. Ein verlorner Komet. *Pons* hat ihn nur einmal (Febr. 6.) beobachten können. Er hatte etwa 1° Durchmesser, zeigte die matte Spur eines Kernes und war überhaupt höchst lichtschwach.

1811. Dieser schöne Komet, der unter allen am längsten be-
(112) obachtet worden, ist von *Flaugergues* am 26. März 1811 zuerst gesehen und vor der Sonnennähe in Europa bis zum 2. Juni beobachtet worden. Damals hatte er noch keinen bedeutenden Schweif entwickelt, obwohl er schon dem freien Auge sichtbar war. Die vorläufig berechnete Bahn zeigte, dass er nach der Sonnennähe eine längere Zeit, und besser als das erstemal, zu Gesicht kommen werde. Es erfolgte am 20. August, worauf er sich der Erde mehr und mehr näherte und am 15. Oktober in einer Entfernung von 25 $\frac{1}{2}$ Mill. Meilen ihr am nächsten stand. (Hätte er sein Perihel, statt Mitte Septbr., zu Anfang des Febr. erreicht, so wäre er im Juli und August noch ungleich schöner und grösser als diesmal zu Gesicht gekommen. Sein Schweif, der eine Länge von von 12 — 15. Mill. Meilen hatte, war etwas zurückgekrümmt, und dadurch merkwürdig, dass er sowohl vom Kern als dessen Nebel völlig getrennt war und diesen in einem grossen Bogen umgab, so dass er eine Art von Conoid bildete, in dessen Brennpunkte der Kern des Kometen stand. Seine beträchtliche nördliche Deklination begünstigte in den schönen Herbst- und Winternächten seine Sichtbarkeit. Gegen den 1. Decbr. stand er so, dass der Stern α des Adlers (1. Grösse) gleichsam seinen Kern zu bilden schien. Am 11. Januar sah man ihn zuletzt: nicht seine Lichtschwäche, sondern der Ort desselben in der Nähe der Sonne machte ihn unkenntlich. *Bessel* schloss aus

dem bedeutendem Glanze, den der Komet trotz der ansehnlichen Entfernung in dieser zweiten Erscheinung entwickelt hatte, dass es — obgleich noch kein Beispiel in der Geschichte der Kometen-Astronomie dafür sprach — vielleicht gelingen könne, ihn im Sommer 1812 wiederzusehen, wo er in Opposition und zugleich seinem niedersteigenden Knoten nahe sein werde; wenigstens in Gegenden, wo die Sommernächte hinreichende Dunkelheit haben. Diese Idee, obwohl meist sehr ungläubig aufgenommen und fast belächelt, verwirklichte sich, und zwar an einem Orte, wo man es nicht erwartet hatte. *Wisniewsky* in New-Tscherkask war so glücklich ihn am 31. Juli aufzufinden und konnte ihn noch bis zum 17. August beobachten. So waren — die Unterbrechungen mitgezählt — 511 Tage seiner scheinbaren Bahn zur Berechnung gegeben. Als *Wisniewsky* ihn aus dem Gesicht verlor, war er gegen 80 Mill. Meilen von der Sonne und über 60 Mill. von der Erde entfernt, was nur von *Sarabat's* Kometen im J. 1729 übertroffen wird. Er zeigte sich zuletzt nur als höchst matter Nebelfleck ohne Kern und Schweif, wie es auch nicht anders erwartet werden konnte.

Die erste Vermuthung, dass er mit dem von 1301 identisch sei, widerlegte sich schon durch die vorläufigen Rechnungen, und die Elemente zeigen keine Aehnlichkeit mit irgend einem früher gesehenen. Die vollständigste, nach aller Strenge unsrer gegenwärtigen Methoden durchgeführte Berechnung der äusserst zahlreichen Beobachtungen dieses Kometen besitzen wir von *Argelander* (Untersuchungen über die Bahn des grossen Kometen vom J. 1811 Königsberg 1822 4to). Es gelang ihm nicht, alle Beobachtungen in eine und dieselbe *Kepler*sche Ellipse so zu vereinigen, dass nur die noch wahrscheinlich zulässigen Fehler übrig blieben. Er berechnete also 3 Bahnen; deren erste Anfang und Ende besser als die Mitte der beobachteten Bahn darstellte, die zweite sich mehr an die Mitte hielt, aber mit den *Wisniewsky*schen Beobachtungen nicht wohl zu vereinigen und die dritte endlich allen Beobachtungen, nach ihren verhältnissmässigen Gewichten, so gut als möglich sich anschloss. (Wohl zu merken, dass es bei diesen Unterschieden sich immer nur um Sekunden handelte, und dass sie gar nicht in Betracht hätten kommen können wenn nicht so höchst genaue Beobachtungen vorgelegen hätten). Die dritte, von *Argelander* als die

wahrscheinlichste bezeichnete Bahn ist die folgende, wobei die Unsicherheit jedes Elements durch ± hinzugefügt ist.

Durchgang durch die Sonnennähe, mittl. Pariser Zeit
1811. Septbr. 12. $6^h 19' 53''$ ± 82,″77 Zeit

Länge des Perihels	75° 0′ 33,926	± 3,″941 im Bog.
Länge des aufsteigenden Knotens	140° 24′ 43,952	± 1, 610 „
Neigung d. Bahn	73 2 21,235	± 1, 270 „
Kleinster Abstand	1,03542283	± 0,00000826
Excentricität	0,99509330	± 0,00004276
Umlaufszeit	3065,56 Jahre	± 42,85 Jahre
Betrag der Störungen in Bezug auf die nächste Wiederkehr	— 177,0 Jahre (beschleunigend)	

Die nächste Wiederkehr ist demnach zu erwarten 4700 n. Chr.; oder wegen Unsicherheit der Elemente etwa ein halbes Jahrhundert früher oder später. — Seine vorletzte Erscheinung würde beiläufig in die Zeit des Argonautenzuges fallen, und sein Abstand in der Sonnenferne beträgt gegen 8700 Mill. Meilen, also = 21 Uranus oder 420 Erdweiten; so dass unter allen bekannten Kometen nur der von 1680 ihn an Ausdehnung der Bahn übertrifft.

Vielleicht können diese beiden ähnlichen Kometen einer sehr späten Folgezeit das Mittel an die Hand geben, die Massen der näheren Fixsterne zu bestimmen. α Lyrae z. B. ist $1\frac{1}{2}$ Mill. Sonnenweiten (nach *Struve*) von uns entfernt; ist die Masse dieses Sterns, wie sein Glanz vermuthen lässt, vielmal grösser als die Sonnenmasse, so kann er auf die Kometen von 1680 und 1811 in ihrem Aphelio Störungen ausüben, die seine Wiederkehr merklich beschleunigen oder verzögern. Allerdings wäre dazu erforderlich, dass die Elemente des Sonnensystems vollständig bekannt wären, namentlich die Massen aller existirenden Planeten, die Gesetze der Bewegung und Dichtigkeit des widerstehenden Mittels, die physische Natur der Kometen, da es höchst wahrscheinlich ist, dass, wenn die Länge und Richtung des Schweifs, die Nebelhülle u. dgl. Veränderungen unterworfen sind, diese Veränderungen nicht ohne Einfluss auf den Radius Vector und folglich auf die Elemente der Bahn überhaupt, vor sich gehen können. Der Umstand, dass *Argelander* die allgemeinen Bewegungsgesetze nicht vollkommen genügend

fand, die Bahn des Kometen von 1811 darzustellen, deutet auf solche physische Veränderungen hin.

1811. Zweiter Komet dieses Jahres, von *Pons* in Marseille
(113.) am 15. Novbr. entdeckt und zuletzt von *Olbers* am 15. Februar beobachtet. Bei seiner bedeutenden Entfernung von der Sonne war der Umstand, dass er bald nach seiner Opposition ins Perihel kam, der Sichtbarkeit günstig, ein Schweif von einiger Erheblichkeit kann allerdings bei solchen Kometen nicht erwartet werden. Nach *Nicolai's* elliptischen Elementen wird er sich im Aphelio 3430 Millionen Meilen, also $8\frac{1}{2}$ Uranus oder $165\frac{1}{2}$ Erdweiten von der Sonne entfernen und nach $763\frac{1}{2}$ Jahren wiederkehren, wobei indess die Unsicherheit sich auf mehrere Jahrzehende erstreckt. Mit dem von 1066 kann er nicht identisch sein, da dieser jedenfalls der Sonne 4 bis 5 mal näher kam und überdiess rückläufig war.

1812. Auch dieser Komet gehört, nach *Encke's* sorgfältigen
(114) Rechnungen, zu denen, deren Ellipticität als beiläufig bekannt angesehen werden kann. Er ist von *Pons* am 20. Juli entdeckt und bis Ende Septbr. beobachtet worden und war dem blossen Auge nicht sichtbar. Die Entfernung im Aphelio beträgt 690 Mill. Meilen ($33\frac{1}{2}$ Erdweiten) und die Umlaufszeit 70,684 Jahre. Es scheint indess nicht, dass er schon früher beobachtet worden; oder man müsste den von *Hevel* ziemlich unvollkommen beobachteten Kometen von 1672 dafür halten, dessen Elemente einige Aehnlichkeit mit denen von 1812 zeigen.

1815. Der *Olbers*sche Komet. Er ist zuerst von *Olbers* am
(117.) 6. März entdeckt und fast ein halbes Jahr hindurch beobachtet, zuletzt von *Gauss* am 25. August. Dem blossen Auge war er nicht sichtbar. *Nicolai*, *Gauss*, *Nicollet* und *Bessel* finden übereinstimmend eine Ellipticität von 0,9305 bis 0,9331. *Bessel*, der auch die Störungen während der Dauer der Erscheinung berücksichtigte, findet eine Umlaufszeit von 74,04913 Jahren und ein Aphelium von 34 Erdweiten (704 Mill. Meilen). In Bezug auf seine nächste Wiedererscheinung ist zu merken, dass er (gleichfalls nach *Bessels* Rechnung) durch die planetaren Störungen $824\frac{1}{2}$ Tag früher, nämlich schon 1887 am 9. Febr. 10 Uhr Abends Pariser Zeit sein Perihel erreichen wird, wobei er der Erde noch besser als diesmal zu Gesicht

kommt. — Von den um 1740 und 1665 herum beobachteten und berechneten Kometen hat keiner Aehnlichkeit mit diesem.

1818. Erster Komet. Er wurde am 26. Decbr. 1817 von
(118.) *Pons* entdeckt, und war äusserst lichtschwach. Von einem Schweife war nie, von einem Kerne erst seit dem 18. Jan. eine schwache Spur; am 13. Febr. erschien er deutlicher, doch fortwährend schlecht begrenzt. Im April vertrug er schon keine Fädenbeleuchtung mehr, es hatte fast das Ansehen als löse er sich nach und nach auf.

1818. Zweiter Komet. Er war gleichfalls nur teleskopisch,
(119.) und ward vom 29. Novbr. 1818 bis zum 30. Januar 1819 gesehen. Die Berechnung von *Scherck* und *Rosenberger* ergiebt eine hyperbolische Bahn; sie finden aber auch die Parabel so nahe übereinstimmend, dass kein Grund vorhanden ist, die Hyperbel als überwiegend wahrscheinlich zu betrachten.

1819. Erster Komet. Dieser durch sein plötzliches Erscheinen
(120.) Aufsehen erregende Komet stand am 26. Juni 1819 in gerader Linie zwischen Erde und Sonne, und konnte deshalb, obgleich der Erde sehr nahe, nicht gesehen werden. In der Nacht vom 30. Juni zum 1. Juli ward er allgemein mit blossen Augen gesehen, und zeigte, aus den Sonnenstrahlen hervortretend, einen beträchtlichen Schweif. Bald aber war er nur noch teleskopisch, und im October verschwand er auch den Fernröhren. Zu bedauern ist es, dass er nicht im April und Mai, wo er in den südlichen Gegenden der Erde sichtbar sein musste, wahrgenommen worden ist; denn wäre seine Existenz und beiläufige Bahn am 26. Juni den Astronomen bekannt gewesen, so hätte es sich herausgestellt, ob ein Komet vor der Sonnenscheibe sichtbar ist.

1819. Zweiter Komet. Sehr lichtschwach, und blos in Mar-
(121.) seille und Mailand vom 12. Juni bis 19. Juli gesehen. *Encke* findet, dass die Beobachtungen durch keine Parabel darstellbar sind, sondern eine Ellipse von 5,617763 Jahren Umlaufszeit erfordern, fast genau wie der folgende.

1819. Dritter Komet. Diesen von *Blanpain* am 28. November
(122.) entdeckten, und zuletzt in Mailand am 25. Jan. 1820 beobachteten Kometen hält *Clausen* für identisch mit dem von 1743. Nach *de Vico's* Berechnung entfernt er sich in seinem Perihel 18½, im Aphel 112 Mill. Meilen von der

Sonne und hat eine Umlaufszeit von $5\frac{3}{5}$ Jahren, fast wie der *Lexell*sche Komet, mit dem er aber nicht identisch sein kann. Wahrscheinlich kann er nur in so günstiger Lage des Perihels, wie 1819 statt fand, gesehen werden.

1821. Ward am 21. Jan. gleichzeitig von *Nicollet* zu Paris (123). und von *Pons* zu La Marlia entdeckt, und war in Europa nur vor dem Perihel bis zum 7. März, nach der Sonnennähe aber in Südamerika vom 1. April bis 3 Mai beobachtet. *Rosenberger* fand die Parabel vollkommen befriedigend; die Umlaufszeit muss also sehr gross sein, wenn die Bahn nicht wirklich parabolisch ist. — Bei seiner Entdeckung war er sehr lichtschwach und ohne Kern, der Schweif $\frac{1}{2}$ Grad lang; zwei Abende später schon 2 Grad. Im Februar war er kurze Zeit dem blossen Auge sichtbar, zeigte einen glänzenden Kern und einen Schweif von 7 Grad Länge.

1822. Zweiter Komet. Am 13. Juli von *Pons* entdeckt, und (125.) in Europa bis zum 22. Octbr., in Paramatta von *Rümker* aber bis zum 11. November beobachtet. *Encke* hat versucht die Bahn elliptisch zu berechnen; die Europäischen Beobachtungen allein ergaben eine Umlaufszeit von 1554 Jahren und ein Aphel von 267 Erdweiten; mit Zuziehung der *Rümker*schen Beobachtungen wird jedoch Umlaufszeit und Entfernung noch beträchtlich vermehrt. Da *Hansen's* und *Nicolai's* parabolische Bahnen den Beobachtungen fast eben so gut entsprechen, so bleibt es sehr zweifelhaft ob hier eine bestimmte Ellipse angenommen werden könne.

1823. Er ward in den letzten Tage des Decembers von meh- (126.) reren Personen mit blossen Augen gesehen, bevor die Astronomen ihn wahrnahmen. Die erste Beobachtung ist in Prag von 30. Decbr. gemacht. Die bis zum 28. März 1824 gehenden Beobachtungen liessen sich durch eine Parabel befriedigend darstellen. Merkwürdig war dieser Komet besonders dadurch, dass er vom 22. bis 31. Januar zwei Schweife zeigte, den kürzeren aber helleren von 4° Länge von der Sonne abgewendet, den längeren von 7° ihr zugewendet und mit dem erstern einen stumpfen Winkel von etwa 160° bildend. Diese Erscheinung ist noch bei keinem Kometen so bestimmt und deutlich wahrgenommen; überhaupt ist sie nur bei sehr wenigen, und nur nach dem Perihel kurze Zeit hindurch gesehen worden.

1824. Von *Scheithammer* in Chemnitz den 23. Juli entdeckt,
(128.) und bis zum 25. Decb. zuletzt von *Capocci* in Neapel beobachtet. Er war wegen seiner grossen Lichtschwäche schwer zu beobachten, und die hyperbolische Form der Bahn, welche aus den Beobachtungen der ersten Monate hervorzugehen schien, fand *Encke* hernach nicht bestimmt angedeutet, da eine Parabel vollkommen genügte.

1825. Von *Gambart* am 19. Mai entdeckt, und bis Ende Juni
(129.) beobachtet. Er war sehr lichtschwach, nur eine kleine kern- und schweiflose Nebelmasse. Am ersten Abend bestimmte *Gambart* den Durchmesser des Nebels zu 2 Minuten.

1835. Diesen Kometen entdeckte *Boguslawsky* zu Breslau am 20. April, nachdem er sich schon wieder von der Erde und Sonne entfernte. Er zeigte sich nur als ein 3—4 Minuten im Durchmesser haltender schwacher Nebelfleck mit einem ziemlich undeutlichen helleren Punkte. Es gelang nicht, ihn über die Mitte des Mai hinaus irgendwo wahrzunehmen; und diese kurze Erscheinung, verbunden mit dem beträchtlichen mittleren Abstande, raubte schon im Voraus die Hoffnung, eine Ellipticität zu erkennen. Die Parabel, welche *Bessel* jun. aus allen Beobachtungen entwickelt hat, stellt sie so gut dar, dass keine Andeutung einer Abweichung in bestimmtem Sinne gegeben ist. — In demselben Jahre kehrten zwei erwartete Kometen, der *Encke*sche und *Halley*sche, zum Perihel zurück.

(Zu Pag. 346)

Tabelle

der bis jetzt berechneten Kometenbahnen.

№ des Olbersschen Verz.	Jahr.	Durchgang durch das Perichel. M. P. Z.	Länge des Perihels.	Länge des ☊	Neigung und Lauf.		Kleinste Entfern.	Mittlere Entfern.	Excentricität.	Entdecker.	Berechner.	Bemerkungen.
1	240	Nov. 10	271°	189°	44°	D	0,317				Burckhardt	Chines. Beob.
4	837	März 1	289 3′	206 33′	11	R	0,58				Pingré	do.
9	1264	Juli 6 8h	291	169	36 30′	D	0,445				Dunthorne	identisch mit 1556?
		„ 16 0	272 30	175 30	30 25	D	0,43				Pingré	
		„ 17 6 10′	275 45	178 45	30 25	D	0,41081				Pingré	
12	1337	Juni 1 0 40	20	66 22	32 11	R	0,64452				Pingré	Europ. u. Chines. Beobb.
15	1456	Juni 8 22 10	301	48 30	17 56	R	0,58552				Pingré	*Halley's* Comet. Erste gewisse Erscheinung.
16	1472	Febr. 28 22 33	45 33 30″	281 46 20″	5 20	R	0,35852			*Regimontanus*	Halley	
(15)	1531	Aug. 25 19 10	301 12	45 30	17 0	R	0,57993	17,77454	0,967373	*Apianus*	Halley	74,93727 J.
17	1532	Oct. 19 22 21	101 7	80 27	32 36	D	0,5091			*Fracastor*	Halley	
		„ 18 8 8	111 48	87 23	32 36	D	0,51922				Olbers	
(9)	1556	April 21 20 13	278 50	175 42	32 6 30″	D	0,4639			*Fabricius*	Halley	4 — 17 März beob.
19	1558	Aug. 10 13	329 49	332 36	73 49	R	0,5773			*Landgraf Wilhelm von Hessen*	Olbers	
20	1577	Oct. 26 18 55	129 22	25 52	74 32 45	R	0,183420			*Tycho*	Halley	
21	1580	Nov. 28 13 54	109 11 55	19 7 37	64 51 50	D	0,59553			*Möstlin*	Pingré	
22	1582	Mai 6 16 9	245 23 10	231 7 20	61 27 50	R	0,225695			*Tycho*	Pingré	13 17 18 Mai beob.
Von hier ab ist das Datum nach dem neuen Style angesetzt.												
23	1585	Oct. 7 19 3	8 51	37 42 30	6 4	D	1,09358			*Landgraf Wilhelm u. Rothmann.*	Halley	
24	1590	Febr. 8 3 55	216 54 30	165 30 40	29 40 40	R	0,576610			*Tycho*	Halley	23 Febr. — 6 März beob.
25	1593	Juli 18 13 48	176 19	164 15	87 58	D	0,08911			*Ripensis*	la Caille	
26	1596	Aug. 8 15 43	238 30 50	315 36 50	52 9 45	R	0,549424			*Tycho*	Pingré	
(15)	1607	Oct. 26 17h 20′ 19″	301 38 10	48 40 28	17 12 17	R	0,587974	17,86510	0,9670888	*Harriot*	Bessel	Dritte gewisse Erscheinung. Uml. 75,51062 J.
27	1618	Aug. 17 3 12	318 20	293 25	21 28	D	0,512980			*Kepler*	Pingré	
28	1618	Nov. 8 8 34 15	3 5 21	75 44 10	37 11 31	D	0,389544			*Harriot*	Bessel	
29	1652	Nov. 12 15 50	28 18 40	88 10 0	79 28 0	D	0,847500			*Hevel*	Halley	20 Dec. — 8 Jan.
30	1661	Jan. 26 23 50	115 58 40	82 30 30	32 35 50	D	0,44851			*Hevel*	Halley	3 Febr. — 28 März.
	„	„ „ 21 18	„ 16 8	81 54	33 0 55	D	0,442722				Mechain	
31	1664	Dec. 4 12 2	130 41 25	81 13 55	21 18 40	R	1,025755			*Hevel*	Halley	
32	1665	April 24 5 25 10	71 54 30	228 2	76 5	R	0,10649			*Hevel*	Halley	6 — 20 April.
33	1672	März 1 8 47	46 59 30	297 30 30	83 22 10	D	0,69739			*Hevel*	Halley	6 März — 21 April.
34	1677	Mai 6 0 47 10	137 37 5	236 49 10	79 3 15	R	0,28059			*Flamsteed*	Halley	29 April — 8 Mai.
35	1678	Aug. 26 14 13	327 46 0	161 40	3 4 20	D	1,23802			*Lahire*	Douwes	
36	1680	Dec. 17 23 55 30	262 49 5	272 9 29	60 40 16	D	0,00622236	426,6858	0,999985417	*Kirch*	Bessel	Umlaufszeit 8813, 782 Jahre.
37	1683	Juli 13 2 59	85 29 30	173 23	83 11	R	0,5602			*Flamsteed*	Halley	23 Juli — 5 Sept.
38	1684	Juni 8 10 26	238 52	268 15	65 48 40	D	0,9601			*Bianchini*	Halley	1 — 17 Juli.
39	1686	Sept. 16 14 43	87 0 30	350 34 40	31 21 40	D	0,325				Halley	
40	1689	Dec. 1 15 5	263 44 45	323 45 20	69 17	R	0,16889				Pingré	Diese 4 Bahnen sehr unsicher wegen zu sparsamer und mangelhafter Beobachtungen.
41	1695	Nov. 17	66	216	22	D	0,84348			*Delisle*	Burckhardt	
42	1698	Oct. 18 17 7	270 51 15	267 44 15	11 46	R	0,691290			*Cassini*	Halley	
43	1699	Jan. 13 8 32	212 31 6	321 45 35	69 20	R	0,744			*Fontenay*	la Caille	17 Febr. — 2 März.
44	1701	Oct. 17 22	133 41	298 41	41 39	R	0,59263			*Pallu*	Burckhardt	
45	1702	März 13 14 22	138 41 3	189 25 15	4 30	D	0,6459			*Bianchini*	la Caille	20 April — 5 Mai.
		„ „ 12 43	„ 46 34	188 59 10	4 24 44	D	0,64683				Burckhardt	
46	1706	Jan. 30 5 6	72 36 25	13 11 23	55 14 5	D	0,426865			*Cassini*	Struyk	18 März — 16 April.
47	1707	Dec. 11 23 52 47	79 58 9	52 50 29	88 37 40	D	0,85904			*Manfredi*	Struyk	25 Nov. — 23 Jan.
48	1718	Jan. 15 1 24 36	121 36 26	127 55 30	31 12 53	R	1,02564			*Kirch*	Douwes	
		„ 14 21 53 37	„ 39 54,6	„ „ 29,0	„ 8 6,3	R	1,025435				Argelander	
49	1723	Sept. 23 20 38 24	42 35 12	14 10 2	49 55 25	R	0,999707		1,019956	*(in Ostindien)*	Burckhardt	*Halley, Bradley, Pound* und *Graham* 20 Oct. — 18 Dec.
50	1729	Jan. 13 6 29 0	320 31 22	310 38 0	77 5 18	D	4,043496		1,0050334	*Sarabat*	Burckhardt	31 Juli 1729 — 18 Jan. 1730.
		„ 12 4 19 0	„ 27 36	„ „ „	„ „ „	D	4,0431		parab.		Burckhardt	
51	1737	Jan. 30 8 30	325 55	226 22	18 20 45	D	0,22282			*Bradley*	Bradley	26 Febr. — 2 April.
52	1737	Juni 8 7 48	262 36 39	123 53 43	39 14 5	D	0,86700			*(in Peking)*	Daussy	28 Mai — 18 Aug.
53	1739	Juni 17 11 7	102 34	207 18	55 53	R	0,67160			*Zanotti*	Zanotti	
54	1742	Febr. 18 15 1 0	216 39 20	185 9 30	67 31 40	R	0,770055			*Grant*	Barker	
55	1743	Jan. 10 21 24 57	92 58 4	68 10 48	2 15 50	D	0,838115			*Grischow*	Struyk	Aus *Cassin's* Beob. allein.
	„	„ „ 20 29 37	„ 57 51	67 31 57	„ 16 16	D	0,8381818				Olbers	Mit Zuziehung der *Grischow*schen Beob.
56	1743	Sept. 20 21 26	246 33 52	35 16 25	45 48 21	D	0,52157			*Klinkenberg*	Klinkenberg	Sehr unsichre Bahn. 18 Aug. — 13 Sept.
57	1744	März 1 8 3 3	197 13 4	45 47 53	47 8 29	D	0,222229			*Klinkenberg*	Pingré	
58	1747	März 3 7 20	277 2 5	147 18 50	70 6 20	R	2,19851			*Cheseaux*	la Caille	13 Aug. — 5 Dec.
		„ „ 10 7 40	„ „ „	„ „ 42	„ „ 45	R	2,19890				Maraldi	
59	1748	April 28 19 34 45	215 0 50	232 52 16	85 26 57	R	0,840665			*Maraldi*	Maraldi	
60	1748	Juni 18 21 27 21	278 47 10	33 8 29	67 3 28	D	0,625357			*Klinkenberg*	Bessel	19. 20. 22 Mai.
61	1757	Oct. 21 8 4	122 58 0	214 12 50	12 50 20	D	0,337542			*Bradley*	Bradley	
62	1758	Juni 11 3 27	267 38 0	230 50 0	68 19	D	0,21535			*la Nux*	Pingré	25 Aug. — 2 Nov.
63	1759	Nov. 27 0 11 57	53 34 19	139 39 41	79 6 38	D	0,80139				Pingré	25 Jan. — 16 März 1760.
64	1759	Dec. 16 21 13	138 24 35	79 50 45	4 51 32	R	0,9659				la Caille	8 Jan. — 8 Febr. 1760.
65	1762	Mai 28 8 11 3	104 2 0	348 33 5	85 38 13	D	1,009048			*Klinkenberg*	Burckhardt	17 Mai — 2 Juli.
66	1763	Nov. 1 20 49 47	84 58 58	356 24 4	72 31 52	D	0,49829			*Messier*	Burckhardt	28 Sept. — 25 Nov.
67	1764	Febr. 12 13 39 57	15 26 3	120 7 33	52 46 39	R	0,5567			*Messier*	Pingré	3 Jan. — 11 Febr.
68	1766	Febr. 17 8 50	143 15 25	244 10 50	40 50 20	R	0,505330			*Messier*	Pingré	8 — 15 März.
69	1766	April 26 23 53 16	251 13 0	74 11 0	8 1 45	D	0,39898	2,933673	0,864000	*Messier*	Burckhardt	Paris 8 — 12 Apr. La Nux auf Bourbon 29 Apr. — 13 Mai. — Die Ellipse ist ein Versuch, die Pariser u. Bourboner Beobachtungen zu vereinigen; die Umlaufszeit ist hiernach 5,02545 J.
70	1769	Oct. 7 15 2 42	144 11 29	175 3 59	40 45 50	D	0,122755	159,7371	0,99924901	*Messier*	Bessel	8. Aug. — 1 Dec. — Umlaufszeit 2018,869 J.
71	1770	Aug. 13 12 37 55	356 55 11	131 54 54	1 34 31	D	0,674360	3,143462	0,78547436	*Messier*	Burckhardt	*Lexell's* Comet. Umlaufsz. 5,573299 J.
72	1770	Nov. 22 5 48	208 22 44	108 42 10	31 25 55	R	0,528240			*la Grange*	Pingré	10 — 20 Jan.
73	1771	April 19 4 25 36	103 57 52	27 56 16	11 15 28	D	0,9020537		parab.	*Messier*	Encke	1 April — 17 Juli.
	„	„ „ 5 15 40	104 3 16	„ 51 55	„ „ 19	D	0,9034632		1,0093698		Encke	
74	1772	Febr. 20 3 3 0	110 6 40	252 25 54	18 51 6	D	1,028120	10,61532	0,903148	*Montaigne*	Bessel	8 März — 1 April. Umlaufsz. 34,58598 J.
	„	„ 19 2 19 25	„ 14 54	254 0 1	„ 17 38	D	1,013590		parab.		Bessel	
75	1773	Sept. 5 14 43 9	75 10 58	121 5 30	61 14 17	D	1,12689			*Messier*	Burckhardt	12 Oct. — 14 April 1774.
76	1774	Aug. 25 10 55 35	317 22 4	180 49 48	83 0 25	D	1,429		parab.	*Montaigne*	Méchain	11 Aug. — 25 Oct.
	„	„ „ 20 4 42	„ 27 40	„ 44 31	„ 20 6	D	1,432869		1,0282955		Burckhardt	

№ des Olbers-schen Verz.	Jahr.	Durchgang durch das Perihel. M. P. Z.	Länge des Perihels.	Länge des ☊	Neigung und Lauf.	Kleinste Entfern.	Mittlere Entfern.	Excentricität.	Entdecker.	Berechner.	Bemerkungen.
77	1779	Jan. 4 2 29 0	87° 16′	62° 11′	32 24 D	0,7137			*Bode*	*Oriani*	6 Jan. — 17 Mai.
78	1780	Sept. 30 18 12 50	246 21 18″	124 9 19″	53 48 15 R	0,099256		parab.	*Messier*	*Méchain*	27 Oct. — 29 Nov.
„	„	„ 22 23 14	„ 35 59	123 41 18	54 23 12 R	0,0963034	1738,396	0,9999460		*Clüver*	Umlaufsz. 78192 Jahre.
79	1780	Nov. 28 20 26	246 52	141 1	72 3 30 R	0,51528			*Olbers und Montaigne*	*Olbers*	Sehr unsicher. Nur 3 mal beobachtet.
80	1781	Juli 7 4 41 20	239 11 25	83 0 38	81 43 26 D	0,775861			*Méchain*	*Méchain*	28 Juni — 15 Juli.
82	1783	Nov. 19 12 0 11	50 3 8	55 45 20	44 53 24 D	1,45440	3,158535	0,5395345	*Pigott*	*Burckhardt*	20 Nov. — 21 Dec. Umlaufsz. 5,613433. J.
„	„	„ 13 38 54	49 31 55	„ 12 0	47 43 D	1,49532	4,649627	0,6784		*Burckhardt*	Umlaufsz. 10,03754 J.
83	1784	Jan. 21 4 56 47	80 44 24	56 49 21	51 9 12 R	0,707858			*la Nux*	*Méchain*	15 Dec. — 11 März.
84	1785	„ 27 7 58 4	109 51 56	264 12 15	70 14 2 D	1,143398			*Méchain. Messier*	*Méchain*	7 Jan. — 8 Febr.
85	1785	April 8 11 29	297 34 40	64 44 40	87 7 0 R	0,427587				*Saron*	11 März — 17 April.
86	1786	Jan. 30 20 34 0	156 38 0	334 8 0	13 36 0 D	0,32386	2,135716	0,84836	*Méchain*	*Encke*	Nur 17. 19. Jan. Umlaufsz. 3,121873 J.
	1795	Dec. 21 10 44 22	„ 41 0	„ 39 22	„ 42 30 D	0,33455	2,213844	0,8488828	*Caroline Herschel*	*Encke*	3,293978 „
	1805	Nov. 21 12 9 11	„ 47 24	„ 20 11	„ 33 30 D	0,340421	2,223260	0,84617529	*Bouvard. Pons*	*Encke*	3,315015 „
	1819	Jan. 27 6 3 4	157 5 53	„ 43 37	„ 38 42 D	0,333982	2,213096	0,8490883	*Pons Huth*	*Encke*	3,292307 „
	1822	Mai 23 23 51 52	„ 11 29	„ 19 32	„ 22 25 D	0,345793	2,224434	0,8445479	*Rümcker*	*Encke*	3,317641 „
	1825										
	1829	Jan. 9 17 56 41	„ 18 24,6	„ 29 28,8	„ 20 40,2 D	0,3454293	2,223927	0,8446760	*Kunowsky*	*Encke*	3,316507 „
	1832	Mai 3 23 31 22	„ 21 32,2	„ 32 4,1	„ 22 12,3 D	0,3433679	2,221888	0,8454612	*Mossotti*	*Encke*	3,311957 „
	1835	Aug. 26 9 2 38	„ 24 0,7	„ 34 52,3	„ 21 17,5 D	0,3443300	2,222677	0,8450832	*Boguslawsky*	*Bremiker*	3,313710 „
	1838	Dec. 18 23 14 59	„ 27 34,8	„ 36 31,8	„ 21 29,0 D	0,3439344	2,222090	0,8452203	*Galle*	*Bremiker*	3,312398 „
87	1786	Juli 7 22 0 12	159 25 36	194 22 40	50 54 28 D	0,4101			*Caroline Herschel*	*Méchain*	1 Aug. — 26 Oct.
88	1787	Mai 10 19 58 0	7 44 9	106 51 35	48 15 51 R	0,34891			*Méchain*	*Saron*	10 April — 26 Mai.
89	1788	Nov. 10 7 34 47	99 8 7	156 56 43	12 27 40 R	1,063012			*Messier*	*Méchain*	25 Nov. — 29 Dec.
90	1788	Nov. 20 7 25 0	22 49 54	352 24 26	64 30 24 D	0,757313			*Caroline Herschel*	*Méchain*	21 Dec. — 18 Jan.
91	1790	Jan. 15 15 15	60 14 32	176 11 46	31 54 15 R	0,753097			*Caroline Herschel*	*Saron*	Nur 9. 19. 20. 21 Jan. vorzugsweise aus den Längen.
	„	16 19 17	58 24 45	172 50 2	29 44 7 R	0,747336				*Saron*	„ „ „ Breiten.
92	1790	Jan. 28 7 45 30	101 44 37	267 8 37	56 58 13 D	1,063286			*Méchain*	*Méchain*	9 — 22 Jan.
93	1790	Mai 20 11 30 0	274 57 20	35 14 0	63 35 0 R	0,791005			*Caroline Herschel*	*Englefield*	17 April — 29 Juni.
94	1792	Jan. 13 13 44 13	36 29 42	190 46 15	39 46 55 R	1,293023			*Caroline Herschel*	*Méchain*	15 Dec. — 25 Jan.
95	1792	Dec. 27 7 56 27	135 52 35	283 14 44	49 7 13 R	0,966829			*Méchain*	*Piazzi*	10 Jan. — 19 Febr.
96	1793	Nov. 4 20 21 0	228 42	108 29	60 21 R	0,4034			*Messier*	*Saron*	27 Sept. — 11 Oct. 30 Dec. — 7 Jan
97	1793	„ 28 14 33 5	85 58 58	359 4 48	47 35 5 D	1,400026	5,278440	0,7347635	*Perny*	*Burckhardt*	24 Sept. — 3 Dec. Uml. 12,12715 J.
98	1796	April 2 19 55 6	192 44 13	17 2 16	64 54 33 R	1,57816			*Olbers*	*Olbers*	31 März — 14 April.
99	1797	Juli 9 2 53 52	59 34 2	329 16 30	50 35 50 R	0,52545			*Bouvard*	*Bouvard*	14 — 31 Aug.
100	1798	April 4 12 7 37	105 6 57	122 12 21	43 44 42 D	0,484586			*Messier*	*Burckhardt*	12 April — 24 Mai.
101	1798	Dec. 31 13 26 24	34 27 27	249 30 30	42 26 4 R	0,77952			*Bouvard*	*Burckhardt*	6 — 12 Dec.
102	1799	Sept. 7 5 6 30	3 41 15	99 30 37	50 57 6 R	0,840003			*Mèchain*	*Méchain*	6 Aug. — 21 Oct.
103	1799	Dec. 25 21 40 10	190 20 12	136 28 59	77 1 38 R	0,62580			*Méchain*	*Méchain*	26 Dec. — 5 Jan.
104	1801	Aug. 8 13 32 0	183 49	44 28	21 20 R	0,2617			*Pons*	*Burckhardt*	12 Juli — 23 Juli.
105	1802	Sept. 9 21 32 29	332 9 4	340 15 39	57 0 47 D	1,09417			*Pons*	*Olbers*	26 Aug. — 3 Oct.
106	1804	Febr. 13 14 16 16	148 44 51	176 47 58	56 28 40 D	1,07117			*Pons*	*Gauss*	7 März — 1 April.
„	„	„ „ 25 45	149 4 25	„ 53 29	„ 56 2 D	1,07501				*Wahl*	
107	1806	Jan. 2 11 32 12	109 32 23	251 15 15	13 38 45 D		3,56705	0,7457842		*Gambart*	
	1826	März 18 23 15 4	109 51 32	251 26 9	13 33 15 D		3,56705	0,7470093		*Gambart*	Uml. 6,737 J.
	1832	Nov. 26 2 57 39	110 0 24,7	248 15 17,86	13 13 30,96 D	0,87908637	3,53683	0,7514471		*Baranowsky*	
108	1806	Dec. 28 22 2 30	94 4 30	322 18 38	35 4 5 R	1,08193			*Pons*	*Bessel*	10 Nov. — 12 Febr.
109	1807	Sept. 18 17 53 20	270 54 41,94	266 47 11,45	63 10 28,10 D	0,64612382	143,1951	0,99548781	*(in Sicilien)*	*Bessel*	22 Sept. — 27 März 1808. Uml. 1713,533 J.
110	1808	Juli 12 4 10 49	252 38 50	24 11 15	39 18 59 D	0,60786			*Pons*	*Bessel*	26 Juni — 3 Juli.
111	1810	Oct. 5 19 45 11	63 9 10	308 53 4	62 46 17 D	0,96914			*Pons*	*Bessel*	29 Aug. — 21 Sept.
112	1811	Sept. 12 6 19 53	75 0 34	140 24 44	73 2 21 R	1,03542283	211,02205	0,99509330	*Flaugergues*	*Argelander*	26 März, 1811 — 17 Aug. 1812. Uml. 3065,56 J. (Die Störungen mitgerechnet währt der nächste Umlauf 2888 Jahre.)
113	1811	Nov. 10 23 55 39	47 27 27	91 1 52	31 17 11 D	1,582107	83,53394	0,98271088	*Pons*	*Nicolai*	16 Nov. — 16 Febr. Uml. 763,4743 J.
114	1812	Sept. 15 7 40 53	92 18 44	253 1 3	73 57 3 D	0,7771403	17,09548	0,9545412	*Pons*	*Encke*	20 Juli — 30 Sept. Uml. 70,68419 J.
115	1813	März 4 12 47 31	69 56 8	60 48 24	21 13 33 R	0,69933			*Pons*	*Nicollet*	4 Febr. — 11 März.
116	1813	Mai 19 10 27 4	197 43 46	42 40 40	81 2 28 R	1,21610			*Pons*	*Encke*	2 — 29 April.
„	„	„ „ 14 53	„ „ 8	„ „ 15	„ „ 12 R	1,215965				*Gerling*	
117	1815	April 25 23 58 5	149 1 56	83 28 34	44 29 55 D	1,212869	17,63383	0,93121968	*Olbers*	*Bessel*	6 März — 25 Aug. Uml. 74,04913 J. Störungen bis zur nächsten Rückkehr — 824,5 Tage. Rückkehr zum Perihel 1887 Febr. 9,4.
118	1818	Febr. 25 13 10 10	182 45 22	70 26 11	89 43 48 D	1,197764			*Pons*	*Encke*	26 Dec. — 1 Mai.
119	1818	Dec. 4 22 35 18	358 4 51	89 59 53	63 5 29 R	0,855096			*Pons*	{ *Rosenberger*	29 Nov. — 30 Jan.
„	„	5 0 56 11	„ 13 20	90 0 51	„ 0 24 R	0,854923		1,011617		{ *und Scherke*	
120	1819	Juni 27 17 20 24	287 5 54	273 42 52	80 44 44 D	0,341008			*Tralles*	*Bouvard*	1 Juli — Oct.
121	1819	Juli 18 21 45 39	274 40 51	113 10 46	10 42 48 D	0,773638	3,160160	0,75519035	*Pons*	*Encke*	12 Juni — 19 Juli. Umlaufsz. 5,617763 J.
122	1819	Nov. 20 6 2 55	67 18 48	77 13 57	9 1 16 D	0,892559	2,263288	0,6867458	*Blanpain*	*Encke*	28 Nov. — 25 Jan. Uml. 3,404942 J.
„	„	20 7 39 17	„ 39 45	„ 32 46	„ 10 56 D	0,891399	3,404942	0,7173152		*de Vico*	5,599567 J.
123	1821	März 21 13 2 0	239 29 25	48 40 56	73 33 7 R	0,0918232			*Nicollet und Pons*	*Rosenberger*	21 Jan. — 7 März in Europa. 1 April — 3 Mai in Valparaiso.
124	1822	Mai 5 13 44 13	192 47 45	177 25 4	53 35 34 R	0,504194			*Gambart*	*Gambart*	12 Mai — 30 Juni.
„	„	„ 14 42 0	„ 43 51	„ 26 56	„ 37 42 R	0,504453				*Nicollet*	
„	„	„ 14 3 30	„ 45 48	„ 27 22	„ 34 48 R	0,504429				*Encke*	
126	1823	Dec. 9 10 48 50	274 34 29,6	303 3 0,5	76 11 56,9 R	0,226502			*Köhler*	*Encke*	30 Dec. — 28 März.
127	1824	Juli 11 12 26 27	260 16 32	234 19 9	54 34 19 R	0,591263			*Rümcker*	*Rümcker*	
125	1822	Oct. 23 23 4 9	271 29 56	92 47 31	52 39 7 R	1,1433992	134,1520	0,99147685	*Pons*	*Encke*	13 Jul. — 22 Oct. Uml. 1553,802 J.
„	„	„ 18 37 50	„ 40 16,8	„ 44 1,8	„ „ 9,6 R	1,145066	309,9243	0,99630211	„	*Encke*	(letztere Bahn aus allen Beob. also die bessere.)
128	1824	Sept. 29 1 45 2	4 32 6,1	279 16 44	54 35 31,6 D	1,0498353			*Scheithammer*	*Encke*	
129	1825	Mai 30 13 15 59	273 55 1,5	20 6 8,1	56 41 5,8 R	0,889123			*Gambart*	*Clausen*	
130	1826	April 29 1 5 24	35 48 12,8	40 29 13,0	5 7 20,0 R	0,1881168			*Flaugergues*	*Clüver*	1 — 6 April.
131	1827	Juni 7 20 20 34	297 31 42	318 10 28	43 38 54 R	0,8081538				*von Heiligenstein*	
132	1827	Sept. 11 16 36 34	250 57 12,0	149 39 10,7	54 4 42,1 R	0,1378433	189,6186	0,99927305		*Olbers*	Umlaufsz. 2611 J.
133	1830	Dec. 27 16 0 19	310 59 19,2	337 53 7,2	44 45 30,1 R	0,1258874				*Wolfers*	
134	1832	April 9 9 0 16	212 13 30	206 22 0	21 16 0 D	0,9216			*Valz*	*Valz*	
135	1832	Sept. 25 12 52 19	227 54 36,5	72 26 48,6	43 18 41,0 R	1,183479			*Gambart*	*Peters*	
	„	„ 25 12 40 24	„ 55 35,9	„ „ 41,9	„ „ 3,1 R	1,183603				*Bouvard*	
136	1833	„ 10 4 36 53	222 51 17	323 0 51	7 21 2 D	0,458416			*Dunlop*	*Peters*	
137	1834	April 2 19 51 17	276 26 45	226 1 13	5 59 48 D	0,51246			*Dunlop*	*Peters*	

Siebenter Abschnitt.

Die Störungen.

§. 164.

Vermöge der unbedingten Gegenseitigkeit in der anziehenden Wirkung der Körper unseres Sonnensystems (und höchstwahrscheinlich des gesammten Universums) können weder die Bahnen selbst, was Gestalt, Grösse und Lage derselben betrifft, unveränderlich, noch auch die Oerter der einzelnen Körper in diesen Bahnen genau diejenigen sein, welche sie ohne eine solche Allgemeinheit des Gesetzes der Schwere, blos durch die Wirkung zweier Körper aufeinander (z. B. der Sonne und eines Planeten) sein würden. Man ist also genöthigt bei einer Berechnung der Oerter, wenn sie als Vorausbestimmung sich durch die Beobachtungen bewähren soll, auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen und die Anziehung aller Körper gleichzeitig in Rechnung zu ziehen, nur mit der für die Praxis nothwendigen Ausnahme derjenigen Weltkörper, deren Wirkung, sei es wegen Kleinheit ihrer Masse oder ihrer grossen Entfernung, als verschwindend angesehen werden kann.

In allen bis jetzt bekannten Fällen ist nun aber einer der in Betracht zu ziehenden Körper entweder durch seine vielfach (mindestens tausendfach) überwiegende Masse als Hauptkörper zu betrachten, und die Bewegungen um diesen Körper erfolgen also mindestens nahe eben so, als wirkte dieser allein, so dass die gesammte Wirkung der übrigen wenigstens nur kleine Unterschiede hervorbringt; und deshalb ist es in den meisten Fällen gestattet, die Berechnung so auszuführen, dass man zuerst den Ort, wie er durch die alleinige Wirkung des Centralkörpers sich ergeben würde, besonders bestimmt, und hernach die Wirkungen der übrigen Körper berechnet und sie dem zuerst gefundenen Orte hinzufügt (ihn verbessert). Hiernach findet in der Wirklichkeit nicht diejenige Einfachheit und Gleichförmigkeit statt, die sich aus-

serdem zeigen würde, und dies hat Veranlassung zu der Benennung Störungen (Perturbationen) gegeben.

Es soll demnach durch diese Bezeichnung keinesweges eine Unordnung und Regelwidrigkeit angedeutet werden (ein Missverstand, der schon allein dadurch widerlegt und gehoben ist, dass man Störungen nach eben so festen Regeln, wie die Bahnen selbst, im Voraus berechnet) sondern man hat jene Wirkungen Störungen genannt, weil durch sie die einfach und leichter übersichtliche Ordnung in eine mehr zusammengesetzte und — in Bezug auf unser beschränktes Fassungsvermögen — verwickeltere Ordnung übergeht. Wählte man für sie die Benennungen Veränderung, Abweichung u. dgl. so wären diese theils zu allgemein, theils bezeichnen sie schon etwas bestimmt Anderes, und wir müssen daher jenen Namen als den zweckmässigsten beibehalten und eingedenk sein, dass Namen an sich weder erklären noch beweisen, sondern nur bezeichnen können.

Aehnliches gilt nun auch in Bezug auf die Benennungen störender und gestörter Körper. Da jeder Körper auf jeden andern nach ganz gleichen Gesetzen wirkt, so können, absolut genommen, nicht zwei Klassen von Körpern, die dem obigen Gegensatze entsprächen, angenommen werden. Gleichwohl ist diese Unterscheidung wichtig, ja unentbehrlich in Bezug auf unsre Berechnungs- und Betrachtungsweise. Man berechne z. B. die Bahn der Erde. Hier ist die Sonne der Haupt-, die Erde der gestörte Körper; die störenden finden wir in den übrigen Planeten wie Venus, Mars, Jupiter u. a. m. so wie in unserm Monde.

Dagegen wird sogleich die Erde zum störenden Körper, wenn wir etwa die Bahn des Mars berechnen, und zum Hauptkörper, wenn wir die unsers eignen Mondes untersuchen. In letzterm Falle ist sodann die Sonne der störende Körper, so wie die übrigen Planeten. Ja die Sonne selbst könnte zum gestörten Körper werden, wenn man die Wirkungen der Planeten auf sie, so wie (in Zukunft etwa) die der andern Fixsterne, in besondern Betracht ziehen wollte.

§. 165.

Nicht weniger relativ als diese Benennungen selbst, ist auch die Eintheilung der Störungen in periodische und sekuläre, allgemeine und specielle u. s. w. Aehnlich wie die Hauptbewegungen befolgen nämlich auch die Störungen gewisse

Cyclen, so dass eine bestimmte einzelne Störung nach Verlauf einer gewissen Periode in gleicher Art wiederkehrt, während sie im Verlaufe der Periode, innerhalb gewisser Grenzen, zu- und abgenommen hat. Sieht man beispielsweise die Ungleichheit der Tageslängen als eine Störung an (was sie freilich nicht ist) so ist ihr Cyclus ein Jahr, und während dieser Zeit hat sie alle Werthe, welche zwischen dem längsten und kürzesten Tage liegen, in gesetzmässiger Ordnung durchgemacht.

Nun aber sind diese Cyclen von ausserordentlich verschiedener Länge. Während nämlich einige und unter ihnen sehr beträchtliche, in wenigen Wochen, Monaten oder Jahren ablaufen, giebt es andre, welche Zehntausende und Hunderttausende von Jahren erfordern; ja es bliebe denkbar, dass es Störungen gäbe, die gar keinen Cyclus hätten, sondern stets gleichmässig fortwirkten. Sehen wir von den letzteren als einer blos hypothetischen Möglichkeit einstweilen ab, so kann es keinen wesentlichen Eintheilungsgrund darbieten, ob eine Periode 30 Tage oder 300000 Jahre umfasse. Allein einen sehr grossen Unterschied macht es in Beziehung auf unsern Calcul, denn eine Form der Berechnung, der für kürzere Perioden höchst bequem ist, kann für die sehr langen sehr unbequem werden. Da nun Vorausberechnungen in ihrer ganzen Ausführlichkeit doch immer nur für einige Jahre oder Jahrzehnde, selten Jahrhunderte gemacht werden, so ist es nicht nöthig, eine für den ganzen Zeitraum geltende Form der Entwickelung anzuwenden, ja selbst ihre genaue Kenntniss kann einstweilen entbehrt werden, wo es sich um sehr lange Perioden handelt. Vielmehr giebt es ein leichteres und gleichwohl eben so genau zum Ziele führendes Mittel.

Den Störungen von kurzen Perioden giebt man in der Regel die Form:

$$(1) \ldots\ldots a \sin(mt) + b \sin(2mt) + c \sin(3mt) +$$

wo a b c ... gewisse unveränderliche Zahlen bezeichnen, m einen Winkel und t die von einem gewissen Anfangspunkte an verflossene Zeit ausdrückt, so dass $mt = 360^0$ oder ein voller Cyclus ist, wenn die Periode abläuft.

Für längere Perioden wählt man dagegen die Form:

$$(2) \ldots\ldots at + bt^2 + ct^3 + dt^4 + \ldots$$

wo wiederum a, b, c, d gewisse unveränderliche Zahlen (Constanten, Coefficienten), und $t, t^2, t^3, t^4 \ldots$ die Zeit selbst und ihre Potenzen, bezogen auf eine gewisse Einheit (etwa das

Jahrhundert), bezeichnen, und nennt nun die Störungen der ersten Form periodische, die der zweiten sekuläre*)

Die Unterscheidung in allgemeine und specielle Störungen ist wieder nur eine solche, welche der möglichsten Bequemlichkeit der Berechnung wegen eingeführt ist. Bei einigen Körpern, namentlich den 4 kleinen Planeten und den Kometen, ist nämlich die Anzahl der in Perioden enthaltenen einzelnen Störungsglieder so gross und die Formeln selbst so verwickelt, dass es fast unmöglich fällt, sie der Strenge nach zu entwickeln oder, wenn sie dies wären, anzuwenden. In solchen Fällen sieht man sich veranlasst, ein allerdings sehr beschwerliches und zeitraubendes, hier aber dennoch vorzuziehendes Verfahren zu befolgen, welches wesentlich darin besteht, die Störungen nicht nach Cyclen, sondern gleichsam Punkt für Punkt einzeln zu berechnen. Man verfolgt also z. B. einen Kometen durch seine ganze Bahn und betrachtet auf jedem Schritte die Wirkungen der einzelnen Weltkörper auf ihn. So mussten, um die Wiedererscheinung des *Halley*schen Kometen 1835 mit Gewissheit und Genauigkeit vorherzusagen, in verhältnissmässig sehr kurzen Intervallen alle Oerter, die er auf seiner 76 jährigen Reise (seit 1759) eingenommen hatte, einzeln untersucht und an jeden derselben die Wirkungen der störenden Körper angebracht werden; denn eine Entwickelung der allgemeinen Formeln, die ohne Zuziehung der Zwischenörter den Ort des Kometen für eine beliebig gegebene Zeit unmittelbar anzugeben geeignet gewesen wären, hatte sich als ganz unausführbar gezeigt, und überdiess war mit Gewissheit vorauszusehen, dass wenn auch die theoretischen Schwierigkeiten glücklich besiegt und alle Entwickelungen vollständig vorgelegen hätten, die Mühseligkeit der praktischen Anwendung dieser Formeln noch unvergleichbar grösser gewesen sein würde, als selbst die specielle Berechnung der Zwischenörter jemals werden konnte.

§. 166.

Eine andre Unterscheidung indess geht näher auf die Sache selbst ein und ist allgemein betrachtet von grösserer Wichtigkeit. Wie nämlich die Störungen nicht allein den Ort des

*) Genau genommen, können bei den letzteren a, b, c, d nicht eigentlich constant sein, aber ihre Veränderlichkeit ist (eben der langen Periode wegen) so gering, dass man erst nach mehreren Jahrhunderten oder Jahrtausenden andre Werthe für sie anzunehmen braucht.

Planeten in einer gegebenen Bahn, sondern auch diese Bahn selbst nach ihrer Form und Lage verändern und folglich an die Elemente selbst, aus denen man rechnet, angebracht werden müssen, so haben sie auch wiederum ihre Ursach theils in den einzelnen Oertern, welche die störenden Körper zu einer gegebenen Zeit einnehmen (in der Configuration des Planetensystems), theils in der allgemeinen Form, Grösse und Lage der Bahnen dieser Körper. Da nun der Ort eines Körpers in seiner Bahn sich unvergleichbar viel schneller ändert als diese Bahn selbst, so folgt, dass die Störungen, welche von den einzelnen Oertern unabhängig sind, im Allgemeinen viel längere Perioden haben als die übrigen. Diejenigen Störungen, welche nur von der Form der Bahn abhängen, kann man sich so vorstellen, als wirkte die auf alle Punkte ringsherum vertheilte Masse des störenden Körpers gleichzeitig. Blieben nun die Elemente des störenden Körpers selbst unverändert, so würden die davon abhängenden Wirkungen zwar bestehen aber gleichfalls unveränderlich sein. Die Elemente der Bahn des gestörten Körpers wären alsdann zwar nicht nothwendig eben dieselben, die sie ohne den störenden Körper geworden wären, aber diese Abänderung selbst bliebe durch alle Zeiten gleich; man würde folglich mittlere Elemente haben, die fortwährend gültig blieben, so gut wie die ursprünglich als ganz ungestört gedachten. Allein jeder störende Körper ist zugleich ein gestörter und keine Wirkung ohne Gegenwirkung. Zudem involvirt, streng genommen, jede Veränderung des Orts auch eine der Elemente, denn die letztern sind ja nichts als das theoretische Ergebniss aus den einzelnen beobachteten Oertern. So sind also die Bahnen der störenden Körper selbst veränderlich, folglich auch die der gestörten, d. h. alle Bahnen; und so können selbst die mittleren Elemente, in denen die einzelnen Ungleichheiten schon ausgeschlossen sind, doch nicht für alle Zeiten gelten. Diese Veränderungen der Elemente selbst sind es nun, für welche man den Ausdruck sekuläre Störungen angewandt hat; sie sind grösstentheils auch der Zeit nach sekuläre, doch giebt es einige, die schon in sehr kurzer Zeit ihre Periode durchlaufen, besonders bei den Mondensystemen.

Diejenigen aber, die nur von den jedesmaligen Oertern der Planeten, der störenden wie der gestörten, abhängen, werden sich nun auch hauptsächlich in einer Veränderung des Ortes eines Planeten oder Kometen aussprechen und schon

nach kurzen Perioden, die meistens nach der Umlaufszeit und ihren Differenzen sich richten, wiederkehren. Eine Berechnung derselben würde also am bequemsten nach der Form (1) durchzuführen sein und sie werden die eigentlich periodischen bilden.

Von einigen Störungen dieser letztern Art sind die Perioden gleichwohl sehr lang und umfassen Jahrhunderte, selbst Jahrtausende. So hat z. B. die, welche zwischen Jupiter und Saturn gegenseitig besteht (die sogenannte grosse Gleichung) eine Periode von 930 Jahren. Sie ist nämlich abhängig von der fünffachen Länge Saturns, vermindert um die doppelte Länge Jupiters, und da die Umlaufszeiten beider Planeten sich (bis auf einen Unterschied von etwa 29 Tagen) wie 2 : 5 verhalten, so erreicht dieser Unterschied, wie eine leichte Rechnung zeigt, erst nach 930 Jahren die volle Grösse von 360 Graden, wenn er zu Anfang der Periode gleich Null war.

§. 167.

Sehen wir auf den Ursprung der Störungen, so finden wir noch eine dritte Art, die zwar geringfügig scheint, bei näherer Untersuchung jedoch einen bedeutenden Einfluss offenbart. Sie hängt nämlich von der Gestalt der Weltkörper ab und würde, wenn letztere streng kugelförmig und zugleich homogen wären, nicht vorhanden sein. Die Anziehung einer homogenen Kugel (oder auch einer genau symmetrisch nach Innen zu verdichteten) kann nämlich so dargestellt werden, als sei die gesammte Masse im Mittelpunkte wirksam, obwohl die Gravitation in der That jedem Punkte der Materie inhärirend gedacht werden muss, und diese Beziehung auf den Mittelpunkt findet sowohl für den störenden als den gestörten Körper Anwendung. Anders jedoch verhält es sich mit abgeplatteten Sphäroiden, wie Erde und Jupiter. Ein solches Sphäroid kann stets als aus zweien Theilen bestehend angesehen werden: der möglichst grossen homogenen Kugel, die sich aus ihm herausnehmen lässt, und der ungleich dicken, an beiden Polen offnen Schale, welche übrig bleibt. Die Kugel kann in Bezug auf diese Störungen als neutral betrachtet werden, nur dass sie sich als Last der Schale mit anhängt; letztere aber wird afficirt werden können, wenn nicht in einem besondern Einzelfalle die verschiedenen Störungen sich gegenseitig zu Null aufheben. So wirkt die Sonne, der Mond und die Planeten auf das Erdsphäroid und bewirken die Vorrükkung der Nachtgleichen, die übrigens gegen 200mal stärker sein würde, wäre jene Schale allein vorhanden. Bei der

allgemeinen Gegenseitigkeit der Anziehungen wirkt aber auch das Erdsphäroid seinerseits auf andre Bewegungen z. B. die des Mondes ein.

§. 168.

Wie die zweite und dritte Art der Störungen, in Vergleich zu der sekulären, nur mehr von einzelnen Zufälligkeiten abhängen, so können sie auch in ihren Wirkungen gleichsam als zufällige, vorübergehende Abweichungen betrachtet werden, und da sie überdiess, wenigstens in allen uns bekannten Systemen, nur geringfügig sind, so ist von ihnen nie Etwas zu befüchten, was den Bestand des Ganzen gefährden, oder einzelnen Gliedern desselben den Untergang bereiten könnte, kein Zusammenstoss zweier Planeten, kein Herabstürzen eines Satelliten auf seinen Hauptplaneten oder eines solchen auf die Sonne; kein Hinausschleudern eines zum System gehörenden Körpers aus den Grenzen seines Gebietes in fremde Regionen. Sie sind überhaupt nur wichtig für die genauere Kenntniss und Vorausbestimmung der Oerter eines Himmelskörpers, so wie umgekehrt der Planeten- und Mondenmassen durch Vergleichung der Beobachtungen mit den Vorausbestimmungen; allein sie können übergangen werden, wenn man nur eine allgemeine Darstellung des mittleren Zustandes eines gegebenen Systems beabsichtigt.

Ganz anders verhält es sich nun aber mit den die Elemente selbst afficirenden Störungen, die gleichsam als Gesammtwirkung einer Bahn auf die andre zu betrachten sind. Ihre ungeheuer grossen Perioden, die in den meisten Fällen die historisch beglaubigte Dauer unsers Geschlechts weit übersteigen, macht es dem Forscher unmöglich, durch Beobachtungen allein zu ihrer Bestimmung zu gelangen: er ist in Beziehung auf sie ganz oder doch hauptsächlich an die Theorie gewiesen, er muss die feinsten und scharfsinnigsten Kunstgriffe der höhern Analysis anwenden, und gelangt damit doch häufig genug nur zu Ausdrücken und Formeln, die entweder unübersehbar verwickelt und weitläuftig, oder wenn einfacher und geschmeidiger, doch aus andern Gründen nicht geeignet sind, das wahre praktisch anwendbare Endresultat herbeizuführen. Die Schwierigkeit wird nicht sowohl gehoben als auf ein anderes Feld hinübergespielt: man könnte das, was sich ergeben hat, unter gewissen Bedingungen ganz bequem anwenden, aber diese Bedingungen sind schwer oder gar nicht zu erfüllen. Viel, zum Erstaunen viel ist in unsrer Zeit darin geleistet worden:

die Hoffnung, dereinst noch alle Schwierigkeiten auf rein theoretischem Wege gehoben zu sehen, ist keinesweges aufzugeben; wir rücken ihr vielmehr immer näher; aber für beendet und abgeschlossen kann der hochwichtige Gegenstand noch keinesweges gelten, denn auch die Beobachtung hat noch sehr viel zu leisten: wir müssen die Massen selbst viel genauer als gegenwärtig kennen lernen, denn bis jetzt sind nur die des Jupiter, Saturn und der Erde etwa bis auf den 400—500ten Theil bekannt, in allen übrigen schwanken die Werthe noch so sehr, dass man z. B. neuerdings die bisher angenommene Merkurmasse auf etwa die Hälfte herabsetzen musste. — Hochwichtig nannte ich den Gegenstand dieser Untersuchungen, denn sie involviren die Frage:

> ob dem Planetensysteme, und folglich auch unsrer Erde, eine einstige Zerstörung, ein Tod bevorstehe, herbeigeführt durch das masslose Anwachsen gewisser Perturbationen im Laufe dieser ungeheuren Zeiträume, sei es nun durch das Aufeinanderstürzen und gegenseitige Zertrümmern zweier Körper, oder durch allmähliche, aber gänzliche Veränderung der Bahnelemente?

Wenn z. B. unsre Erde statt der mässigen Ellipticität ihrer jetzigen Bahn nach und nach eine kometenartig excentrische bekäme, so könnten allem Anschein nach die jetzt auf ihr lebenden Thier- und Pflanzengattungen nicht weiter bestehen, und nur die etwanigen Bewohner des Innern der Erde könnten sich erhalten. Wenn sie vollends in die Sonne, diese 1400000 mal grössere Kugel hineinstürzte, so wäre es gänzlich aus mit ihr. Dem denkenden Geiste kann es keine Befriedigung gewähren, wenn man ihm beweist, es werde doch jedenfalls ein ungeheurer langer Zeitraum, viele Tausende von Geschlechtsfolgen in sich begreifend, bis zu einer solchen Katastrophe verstreichen — denn nicht auf das Jahrhundert, in dem er selbst und die Zeitgenossen auf Erden zu leben bestimmt sind, beschränkt sich seine Wissbegier und seine Theilnahme:

„To be, or not to be, that is the question!"

Will der Schöpfer seine Welt erhalten oder liegt es in seiner Absicht sie, sei es auch erst nach Millionen von Jahren, wieder zu zerstören?

Die beiden Riesengeister welche die Rechnung des Unendlichen erschufen; *Newton* und *Leibnitz*, beantworteten diese Frage auf sehr verschiedene Weise. Der erstere glaubte, dass im Laufe der Jahrtausende allmählig aber unaufhaltsam ein Zu-

stand herbeikommen werde, der mit einem gesicherten Fortbestehen der Glieder des Sonnensystems unverträglich sei. Alsdann müsse die Gottheit selbst durch einen unmittelbaren Akt der Allmacht — der als solcher freilich ausser aller Berechnung liegt — eingreifen und wieder zur alten Ordnung einlenken.

Diese Vorstellungen fand *Leibnitz* einer unendlichen Weisheit durchaus unwürdig. „Der Schöpfer des Universums sei kein probirender Künstler, der nachhelfe, wenn seine Maschine in Unordnung gerathen wolle, da er es im Anfange noch nicht so gut verstanden habe.“ Nach ihm giebt es eine „prästabilirte Harmonie“ zu der Alles von selbst wieder strebe und streben müsse, und welche einen Zustand, bei dem es gleichsam bis zum Aeussersten gekommen sei, und bei dem nur das Radikalmittel der einhelfenden göttlichen Allmacht Abhülfe schaffen könne, gar nicht erst entstehen lasse. — Das Eine wie das Andre war nichts als ein Zerhauen des Knotens, den man nicht lösen konnte, und wenn sich auch Jeder gedrungen fühlen wird, in *Leibnitzens* Erklärung eine der Gottheit würdigere Vorstellung anzuerkennen, so wird man sich doch nicht eher zufrieden stellen wollen, bis es gelungen ist, diese prästabilirte Harmonie oder dasjenige was ihre Stelle vertritt, nachzuweisen, nicht blos es hypothetisch zu setzen.

Newton und *Leibnitz* waren Begründer, nicht Vollender der Analysis des Unendlichen. So grosser Vorgänger sich würdig zu zeigen, Licht in das Dunkel zu bringen, dass jene noch nicht hatten erhalten können, war ihren Nachfolgern vorbehalten. Am meisten und gründlichsten hat sich *Laplace* mit dieser Frage beschäftigt, und die Hauptquelle, aus welcher das Folgende geschöpft ist, bildet seine Mécanique celeste, wovon er die ganze Theorie des Weltsystems als ein grosses Problem der Mechanik behandelt.

§. 169.

Wir haben oben (§. .) gesehen, dass das Verhältniss der Masse der störenden Körper zu der des Hauptkörpers, so wie die Entfernung derselben, über die Grösse der Störung entscheidet. Wären also z. B. die Massen sämmtlicher störender Planeten, im Vergleich zur Sonnenmasse, unendlich klein, so wären es auch die daraus resultirenden Störungen in ihrem Verhältniss zur Hauptbahn; je grösser dagegen jene Massen sind, desto mehr steht von ihnen zu befürchten.

Jupiter und Saturn bilden im Sonnensystem die beiden

den Centralkörper am nächsten kommenden Hauptmassen. Hat gleich jener nur $\frac{1}{1048}$ und dieser nur $\frac{1}{3500}$ der Sonnenmasse, so überwiegen sie doch auch so noch die meisten andern Planeten eben so sehr, als sie selbst von der Sonne überwogen werden. Ihre gegenseitige Wirkung auf einander muss also nicht allein die verhältnissmässig stärkste, sondern auch, was den Bestand des ganzen Systems betrifft, die bedenklichste von allen sein, zumal wenn im Laufe der Zeit eine Veränderung ihrer grossen Axen, also ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne, eintreten sollte.

Laplace untersuchte die Bedingungsgleichungen, welche in Jupiter und Saturns gegenseitiger Anziehung ihren Grund haben, und fand zu seiner nicht geringen Ueberraschung, dass, nachdem er die numerischen Werthe für die Massen, Distanzen u. s. w. der beiden Planeten in seine Formeln substituirt hatte, die Summe sämmtlicher seculären Veränderungen der grossen Axe Saturns gleich Null ward. Ein gleiches Resultat (wie es auch die Gegenseitigkeit nicht anders erwarten liess) fand er für die die grosse Axe Jupiters. Es könnte dies ein Zufall, obwohl ein sehr glücklicher Zufall genannt werden, der bei andern Werthen der Massen und Distanzen sich *möglicher*weise anders gestaltet hätte. Allein *Laplace* selbst erstaunte, als er bei näherer und mehr verallgemeinerter Untersuchung fand, dass diese Nullgleichung, diese Constanz der halben grossen Axen ein allgemein nothwendiges Ergebniss des *Newton*schen Gesetzes sei, welches auch immer die einzelnen Massen sein möchten, vorausgesetzt, dass diese selbst nur constant bleiben, wie es der Natur der Sache nach sein muss.

Eine genauere Einsicht in diese Entwickelungen ist ohne Hülfe der höhern Analysis nicht möglich. Auch hat *Laplace* den Gegenstand noch nicht ganz erschöpft, indem er auf die sogenannten Potenzen und Produkte der Massen keine Rücksicht nahm. Diese subtile Frage behandelte *Poisson*, allein auch er gelangte zu dem *Laplace*schen Resultat, das also durch ihn blos noch besser bestätigt und gründlicher erwiesen ward.

Allerdings sind die grossen Axen nicht durchaus und in aller Strenge unveränderlich zu nennen. Die periodischen Störungen, welche der Radiusvector der Planeten und Monden erleidet, und deren Periode oft mehrere Umläufe des gestörten Körpers begreift, verändern temporär auch die grosse Axe, die ja weiter nichts ist als das mittlere Ergebniss der verschiedenen

Radienvectoren. So sind namentlich die grossen Axen der Asteroiden-Veränderungen unterworfen, die auf eine halbe Mill. Meilen anwachsen können, ehe sie wieder in die entgegengesetzten übergehen. Aber diese Veränderungen hängen von der Configuration der störenden Körper ab, sie sind also nicht eigentlich sekuläre und haben, einzeln genommen, bestimmt begrenzte Perioden.

Nächst der grossen Axe ist die Excentricität der Bahn das wichtigste Element. Könnte diese ohne Aufhören ins Unermessliche fortwachsen, so würde noch bei unveränderter mittlerer Distanz, wenn auch nicht gerade das selbstständige Dasein, doch der bestehende Zustand eines Weltkörpers wahrscheinlicher Weise gefährdet werden. Indem *Laplace* die hierauf bezüglichen Differenzialgleichungen entwickelte, kam er zu folgendem allgemeinen Ausdruck.

$$m.\frac{d(e^2\sqrt{a})}{dt} + m'\frac{d(e'^2\sqrt{a'})}{dt} + m''\frac{d(e''^2\sqrt{a''})}{dt} + \ldots = 0$$

Hier bedeutet t die Zeit, m die Masse, e die Excentricität und a die halbe grosse Axe eines Planeten P; m', a', e' bezeichnen dasselbe in Bezug auf den Planeten P'; u. s. w. für alle Planeten. Die Integration dieses Ausdrucks aber ergiebt:

$$e^2 m\sqrt{a} + e'^2 m'\sqrt{a'} + e''^2 m''\sqrt{a''} + \ldots . = \text{Constante.}$$

Mit andern Worten: da die Summe der Veränderungen der einzelnen Produkte $[e^2 m\sqrt{a}]$ in jeder beliebigen Zeiteinheit sich zu Null aufhebt, so ist die Summe der Produkte selbst für alle Zeiten constant.

Wurzelgrössen wie $\sqrt{a}$ können bekanntlich positiv und negativ sein: die analytische Entwickelung zeigt uns, dass für direkte Bewegungen die positiven, für retrograde die negativen Werthe der Wurzeln gültig sind. Da nun alle Planeten- und Mondenbahnen — von den Kometen wird weiter unten die Rede sein — direkte sind, so ist auch für alle das positive Wurzelzeichen zu nehmen. Die Massen m sind ihrer Natur nach, und die Quadrate der Excentricitäten als gerade Potenzen gleichfalls positiv, folglich können sich auf der linken Seite des Gleichheitszeichens im obigen Integral keine negativen Produkte befinden; mithin ist jedes einzelne Glied, für sich allein betrachtet, nothwendig kleiner als die constante Summe aller Glieder.

Da ferner wie vorhin erwähnt, die grossen Axen wie die Massen constant sind, folglich alle Veränderungen den einzelnen Produkten nur von den Excentricitäten ausgehen können, so folgt,

dass keine Excentricität einer Planetenbahn wachsen könne, ohne dass eine oder mehrere andre gleichzeitig abnehmen, und umgekehrt.

Nun haben die beiden Hauptkörper des Systems nächst dem Centralkörper, nämlich Jupiter und Saturn, mässige Excentricitäten, die vermöge ihrer gegenseitigen Wirkung, da sie einander zunächst stehen, wechselsweise wachsen und abnehmen. Die Excentricität Jupiters ist gegenwärtig 0,04823 und im Zunehmen begriffen, die für ein Jahrhundert + 0,000159 beträgt; sie hatte ihren kleinsten Werth 16000 J. v. C. und betrug damals 0,0249; sie wird ferner 17200 J. n. C. ihren grössten Werth 0,060 erreichen und dann wieder durch 33200 J. hin abnehmen. Saturn, dessen Excentricität jetzt 0,05608 beträgt, und in jedem Jahrhundert um 0,000312 abnimmt, hatte seine grösste von 0,083 als Jupiter die kleinste hatte, und wird seine kleinste von 0,011 zeigen, wenn die des Jupiter im Maximo stehen wird.

Das Produkt $e^2 m \sqrt{a}$ beträgt nun für Jupiter.

im Minimo $= 0,0249^2 . \frac{1}{1048,7} . \sqrt{5,20116} = 0,00000198$

im Maximo $= 0,060^2 . \frac{1}{1048,7} . \sqrt{5,20116} = 0,00000783$

gegenwärtig	0,00000506
vor 1000 Jahren	0,00000473
nach 1000 Jahren . . .	0,00000540

für Saturn dagegen

im Maximo $0,083^2 . \frac{1}{3500} . \sqrt{9,53781}$ 0,00000608

im Minimo $0,011^2 . \frac{1}{3500} . \sqrt{9,53781}$ 0,00000011

gegenwärtig	0,00000277
vor 1000 Jahren	0,00000309
nach 1000 Jahren . . .	0,00000247

für beide zusammen — $e^2 m \sqrt{a} + e'^2 m' \sqrt{a'}$

16000 J. v. Chr.		0,00000806
17000 J. n. Chr.		794
1840 —		783
840 —		782
2840 —		787

Hieraus ist ersichtlich, dass diese beiden Hauptkörper gegenseitig den bei weitem grössten Theil der Störungen unter

sich auszugleichen übernehmen, während für die übrigen nur ein sehr geringer Theil bleibt — eine Folge der Stellung, die sie im Weltenraume einnehmen. Wären beide genannte Planeten durch kleinere getrennt, so würde die Ausgleichung weit unvollkommener sein und weit mehr Wirkung auf die schwächeren Planeten statt finden, wo dann sowohl wegen des geringern Abstandes als der kleinen Masse das Produkt $m \sqrt{a}$ sehr klein, und folglich wenn $m \frac{d(e^2 \sqrt{a})}{dt}$ einer gegebenen Grösse gleich sein soll, die Veränderung in e desto grösser sein muss. Ganz besonders würden die zwischen Jupiter und Saturn gruppirten schwächeren Planeten darunter leiden. Wäre ferner die Excentricität Jupiters oder Saturns sehr beträchtlich, so würde eine gleich starke Aenderung derselben eine viel stärkere bei den übrigen Planeten hervorbringen, während gegenwärtig diese Excentricitäten zu den schwächeren gehören und nur die der Erd- und Venusbahn übertreffen, hingegen von der aller andern Planetenbahnen übertroffen werden. Wäre endlich statt zweier grosser Planeten deren nur einer vorhanden, so würde die Gesammtwirkung der Störungen desselben sich auf die übrigen vertheilen, während jetzt Saturn gleichsam ein Gegenwicht bildet, der den mächtigen Jupiter balancirt. Mit einem Worte: wären die Massen weniger vortheilhaft vertheilt, so würde die Befürchtung einer nicht blos störenden, sondern im Laufe der Zeit zerstörenden Einwirkung bei weitem mehr gerechtfertigt erscheinen.

Am meisten könnten noch die Excentricitäten der 4 kleinen Planeten, ihrer sehr geringen Masse wegen, Veränderungen unterworfen sein, allein diese sind an sich sehr beträchtlich, und aus diesem Grunde — da in den obigen Differentialgleichungen die Quadrate von e erscheinen — weniger variabel als bei geringern Excentricitäten der Fall sein würde. Wir kennen das Verhältniss ihrer Massen zur Sonnenmasse nicht, wir wissen aber, dass sie eben so wie ihre Volumina, äusserst klein sein müssen. Wenn daher die kleinen Planeten auch grossen Veränderungen der Elemente unterworfen sind, so kommen diese doch in Bezug auf das Ganze wenig in Betracht und seine Stabilität ist dadurch um so weniger gefährdet, als sie selbst, da ihre Bahnen in einander verschlungen sind, eine Art brüderlicher Theilung dieser störenden Wirkungen untereinander eingehen. Einem einzelnen dieser Körper, z. B. der Pallas, die dem Jupiter in ihrer Sonnenferne sehr nahe kommen kann,

würden dessen Störungen vielleicht gefahrdrohend sein so aber ist auch hier für Vertheilung und Ausgleichung gesorgt.

Die Aenderungen der Excentricitäten der übrigen Planeten werden sich im Allgemeinen nach der oben erwähnten Hauptperiode von 33200 Jahren richten. Die Exentricität der Erdbahn ist gegenwärtig 0,01678; sie war vor 2000 Jahren = 0,1762 und wird nach 2000 Jahren 0,01594 betragen. Nie kann sie das Doppelte ihres gegenwärtigen Werthes erreichen, eben so wenig aber jemals verschwinden, die Bahn also nie kreisförmig werden.

§. 170.

Die **Neigungen** und **Knoten** der Planetenbahnen sind gleichfalls gegenseitigen Veränderungen unterworfen, und diese Veränderungen, wenn sie auch den Bestand des Ganzen weit weniger, als die vorhin erwähnten, afficiren können, würden dennoch bei einem unbegrenzten Anwachsen von nicht zu übersehendem Einflusse sein. Nähme z. B. die Neigung der Erdbahn gegen den Umdrehungsäquator der Erde, in Folge dieser Anziehungen, nach und nach zu, so dass sie beide einen rechten Winkel bildeten, so würde das Jahrszeitenverhältniss eine totale Aenderung erleiden, und Winter und Sommer in weit grösseren Differenzen, als gegenwärtig, auseinandergehen. Die Sonne würde den Polbewohnern in der Mitte ihres Sommers ins Zenith rücken und eine kurze Zeit fast unbeweglich dort stehen bleiben. In **allen** Gegenden der Erde würde es Tage geben, wo die Sonne nicht auf- und untergeht, was jetzt nur jenseit des $66\frac{1}{2}°$ Br. der Fall ist; mit andern Worten: die **ganze** Erde würde in dasselbe Verhältniss gesetzt, in welchem jetzt die polaren Regionen stehen. Würde umgekehrt die Schiefe der Ekliptik zu irgend einer Zeit gleich Null, fiele demnach die Ebene des Aequators mit der der Ekliptik zusammen, so würde es keinen Unterschied der Jahrszeiten mehr geben, die gegenwärtige **mittlere** Jahrstemperatur eines gegebenen Orts würde die eines jeden einzelnen Tages werden, und da nun auch der Unterschied der Tageslängen wegfiele, überall auf der Erde zu allen Zeiten 12 Stunden Tag mit 12 Stunden Nacht abwechselten und nur die äussersten Polargegenden einen ewigen, aber bleichen und kraftlosen Tag genössen, so würde man den Jahrescyclus nur noch an den Sternbildern, die in einer gegebenen Nachtstunde culminiren, wahrnehmen können: er würde aufhören von Wichtigkeit für die Lebensordnung und die Geschäfte der Erdbewohner zu sein, und nur

der Astronom würde sich seiner noch bedienen. Dass Planeten unter solchen Verhältnissen bestehen können, beweisen Uranus, der sich im ersten Falle, und Jupiter, der sich im letzterem (wenigstens nahezu) befindet. Aber in einer misslichen Lage befände sich der Weltkörper, der aus einem Zustand in den andern überginge oder auch nur stark zwischen beiden schwankte: beides wäre unverträglich mit der Constanz der Naturökonomie auf einem solchen Planeten, und Untersuchungen über die Möglichkeit und Ausdehnung solcher Veränderungen sind daher von allgemein praktischem, nicht mehr blos wissenschaftlichem Interesse.

Neigungen und Knoten der Bahnen sind relative Bestimmungen, die nur dann einen bestimmten Sinn geben, wenn man sie auf eine unveränderliche Ebene bezieht. Weder die Ekliptik noch der Aequator der Erde sind feste Ebenen dieser Art: beide participiren an den Veränderungen, die sie wechselsweise bewirken und erleiden, wiewohl in beträchtlich verschiedenen Maasse. Dass uns im Sonnenäquator eine solche feste Ebene gegeben sei, ist zwar theoretisch wahrscheinlich, aber ihre genaue Bestimmung ist ungemein schwierig und misslich: sie kann kaum auf Viertelgrade verbürgt werden und würde schon allein deshalb bei genauen Untersuchungen auszuschliessen sein. *Laplace* hat ein Mittel ausfindig gemacht, eine solche unveränderliche Ebene zu bestimmen und sie für alle Zeiten hinaus mit Sicherheit wiederzufinden.

Man lege eine beliebige Ebene, etwa die der Ekliptik, durch die Sonne und ziehe gerade Linien von der Sonne an die Punkte, wo die Planetenbahnen ihre aufsteigenden Knoten in dieser Ebene haben. Auf diesen geraden Linien schneide man (vom Centro aus) Stücke ab, welche den Tangenten der Neigungen dieser Bahnen proportional sind. An die Endpunkte dieser Linien setze man Massen, welche den entsprechenden Planetenmassen proportional sind, multiplicire sie mit den Quadratwurzeln aus ihren Bahnparametern und den Cosinus ihrer Neigungen, und bestimme den Schwerpunkt dieses Systems von Massen. Dann wird die vom Mittelpunkt der Sonne an diesen Schwerpunkt gezogene gerade Linie die Tangente der Neigung, und die Richtung dieser Linie den aufsteigenden Knoten der gesuchten festen Ebene gegen die angenommene Ebene bezeichnen.

Die zur Berechnung dieser Ebene bequemsten Formeln sind diese:

Es seien

$\left.\begin{array}{ll} a, a' \text{ u. s. w.} & \text{die halben grossen Axen} \\ e, e' \ldots\ldots & \text{die Excentricitäten} \\ i, i_{,} \ldots\ldots & \text{die Neigungen} \\ \Omega, \Omega' \ldots\ldots & \text{die aufsteigenden Knoten} \end{array}\right\}$ der Planetenbahnen,

m, m' die Massen dieser Planeten,

i_0 die Neigung der fixen Ebene gegen die, worauf i, i' und Ω, Ω' sich beziehen,

Ω^0 ihr aufsteigender Knoten,

so mache man

$$m \sin. i \sin. \Omega \sqrt{a(1-e^2)} + m' \sin. i' \sin. \Omega' \sqrt{a'(1-e'^2)} + \text{etc.} = c$$
$$m \sin. i \cos. \Omega \sqrt{a(1-e^2)} + m' \sin. i' \cos. \Omega' \sqrt{a'(1-e'^2)} + \text{etc.} = c'$$
$$m \cos. i \sqrt{a(1-e^2)} + m' \cos. i' \sqrt{a'(1-e'^2)} + \text{etc.} = c''$$

und man hat

$$\text{tg.}\, i_0 \sin. \Omega_0 = \frac{c}{c''}$$

$$\text{tg.}\, i_0 \cos. \Omega_0 = \frac{c'}{c''}$$ (Mec. cél. T. I. L. II. Cap. VII. n. p. 62.) 318.

Nach *Laplace's* Untersuchungen ergiebt sich, wenn man von der Lage der Ekliptik ausgeht, die im Anfang des 19. Jahrhunderts statt fand, die Neigung i und der aufsteigende Knoten Ω der fixen Ebene gegen diese Ekliptik:

$$i = 1^0\, 34'\, 36'',28$$
$$\Omega = 103^0\, 13'\, 45''$$

Gegen die Ekliptik von 1750 hingegen war

$$i = 1^0\, 35'\, 31'',24$$
$$\Omega = 102^0\, 57'\, 29'',2$$

Eine genauere Bestimmung dieser Ebene wird möglich sein, wenn man die Massen der Planeten genauer kennen lernen wird, was die übrigen hier vorkommenden Elemente der Bahnen betrifft, so sind diese mit hinreichender Schärfe bekannt.

In allen andern Systemen, die nicht durch eine fremdartige Einwirkung Störungen erleiden, giebt es ähnliche feste Ebenen, in Folge der gegenseitigen Wirkungen der zu diesem System gehörenden einzelnen Körper. Und auf diese Ebene bezogen, ergiebt die analytische Untersuchung folgende, den obigen ähnliche Ausdrücke:

$$\text{tg.}^2 i\, m \sqrt{a} + \text{tg.}^2 i'\, m' \sqrt{a'} + \ldots\ldots\ldots\ldots = \text{Constante.}$$
$$\text{tg.}\, i \sin.\, \Omega\, m \sqrt{a} + \text{tg.}\, i' \sin.'\, \Omega m' \sqrt{a'} + \ldots\ldots = \text{Constante.}$$
$$\text{tg.}\, i \cos.\, \Omega\, m \sqrt{a} + \text{tg.}\, i' \cos.\, \Omega\, m' \sqrt{a'} + \ldots\ldots = \text{Constante.}$$

Die Neigungen können also, da hier ganz dieselben Schlüsse wie die obigen gelten, nur wechselsweise wachsen und abnehmen. Da nämlich aus gleichem Grunde, wie oben, für $\sqrt{a}$ nur die positiven Werthe gelten und $\text{tg}^2 i$ als gerade Potenz nothwendig positiv ist, so sind alle Glieder der ersten dieser Gleichungen einzeln genommen positiv, und da ferner ihre constante Summe, den Beobachtungen zufolge, endlich ist, so kann sich unter den einzelnen Gliedern kein unendlich grosses befinden, noch irgend eins derselben ins Unendliche anwachsen. Folglich kann kein i auf 90° steigen, selbst nicht bei der kleinsten Masse (denn tg. 90° ist unendlich gross, folglich auch ihr Quadrat): der Uebergang von der rechtläufigen Bewegung in die rückläufige kann aber nur als ein Durchgang der Neigung durch 90° betrachtet werden; folglich kann kein Planet jemals rückläufig gewesen sein, noch auch es jemals werden, in Beziehung auf jene fixe Ebene.

Allein auch ein zu starkes Anwachsen der Neigungen kann nicht statt finden. Bei der raschen Zunahme der Tangenten und der noch weit rascheren ihrer Quadrate, sobald die Winkel eine beträchtliche Grösse erreichen, würde ein einzelnes Glied nicht bis zu solchen hohen Werthen des Neigungswinkels wachsen können, ohne bald der Gesammtsumme gleich zu werden. Jupiter und Saturn, die hier wieder die Hauptkörper ausmachen, neigen sich nur wenig gegen jene Ebene, nur resp. 17′ und 56′ Uranus noch weniger, und ihre Veränderungen balanciren sich so, dass nur wenig für die übrigen Planeten übrig bleibt. Die Veränderungen der Neigung sind übrigens ungemein langsam. Bei keinem Planeten beträgt sie gegenwärtig mehr als 1″ in einem Jahre. Die stärksten Neigungen finden sich, wie oben erwähnt, bei den kleinen Planeten, Pallas hat z. B. 34° Neigung und $\text{tg.}^2 i$ beträgt für Pallas 16600 mal mehr als für Jupiter; allein die äusserst kleinen Masse der Pallas bewirkt, dass das Produkt $\text{tg.}^2 i\, m \sqrt{a}$ gleichwohl nur einen mässigen Werth giebt.

Die Aenderungen des Knotens sind nicht, wie die der Neigungen, in Grenzen eingeschlossen; sie können vielmehr unbegrenzt fortschreiten. Denn die Faktoren sin. ☊ und cos. ☊ in obigen Gleichungen haben die Einheit zum Maximum und der Uebergang in die entgegengesetzten Zeichen geschieht durch

Null, nicht wie bei den Tangenten durchs Unendliche. Die Knoten können also sich um den ganzen Kreis herumbewegen. Allein eine Bewegung im Kreise ist schon an und für sich ein Periodisches, und überdiess ist es für den Bestand eines Weltkörpers gleichgültig, in welchem Punkte die Ebene seiner Bahn eine andre Ebene schneide.

Es hat sich also aus den Bisherigen herausgestellt, dass die Lage der Planetenbahnen nie so beträchtlichen Veränderungen unterworfen sein könne, dass der Bestand des Ganzen gefährdet ist, aber eine andre Frage ist es, ob nicht durch eine Veränderung in der Lage seiner Rotationsaxe die physischen Bedingungen des animalischen vegetativen Lebens auf einem Planeten mit der Zeit ganz andre werden könnten? Denn offenbar wird die Constanz oder geringe Veränderlichkeit des einen Elements, als welches wir die Lage der Bahnebene anzusehen haben, nicht genügen, wenn ein zweites eben so wichtiges, die seines Aequators, in seinen Veränderungen gewisse Grenzen überschritte. Veränderungen dieser Art haben, wie oben gezeigt worden, ihren Grund darin dass die wahre Gestalt rotirender Körper die sphäroidische ist. Bei der Erde z. B. ändert sich der Knoten der Ebene ihres Aequators mit der erwähnten fixen Ebene und die Neigung beider Ebenen, letztere freilich ganz unmerklich. In Verbindung mit den Veränderungen, welche die Ekliptik selbst erleidet, ergiebt sich nun Folgendes:

Der aufsteigende Knoten des Aequators in der Ekliptik weicht fortwährend zurück, und vollendet seinen retrograden Umlauf in 25600 Jahren; die Neigung der Axe gegen die Ekliptik (Schiefe der Ekliptik genannt) schwankt zwischen den Grenzen $21\frac{1}{2}°$ und $27\frac{1}{2}°$, jedoch hängen diese Schwankungen von mehreren Perioden ab, die sich so combiniren, dass die Zunahme oft in Abnahme und umgekehrt übergeht, ohne dass die Extreme erreicht werden. Die hauptsächlichsten dieser Perioden sind eine von 92930 Jahren, und eine andre von 40350 Jahren; die angegebenen äussersten Grenzen werden erst nach Millionen von Jahren wieder erreicht. Kleinere Schwankungen von kürzeren Perioden wirken noch vielfach ein: die wichtigste ist die von der Anziehung des Mondes herrührende, deren Periode dem Umlauf der Mondknoten oder $18\frac{2}{3}$ Jahren gleich ist. Man nennt sie Nutation und sie kann den Ort des Knotens periodisch um 24″ und die Schiefe selbst um 9″ verändern.

Die Veränderungen des **Knotens** ändern physisch genommen für den Erdkörper nichts, denn die ganze Wirkung läuft darauf hinaus, dass das tropische Jahr (die Periode der Jahrzeiten) 20 ½ Minute kürzer ist als das siderische (die Periode des wahren Umlaufs).

Die Veränderungen der **Neigung** dagegen müssen den physischen Unterschied der Jahrzeiten afficiren. Man ändre die gegenwärtige Schiefe der Ekliptik um + 3° Grade ab, so werden die Winter des **mittlern** Deutschlands, nach Temperatur und Tageslänge, den jetzigen des **nördlichen** Deutschlands gleichen, die Sommer dagegen durch die des **südlichen** ersetzt werden. Die mittlere Wintertemperatur wird also beiläufig um 0°, 5 bis 0°, 7 R. sinken, die mittlere des Sommers um eben so viel steigen. Einige Zugvögel würden ihre Wanderungen etwas erweitern, andere sie abkürzen. Der ewige Schnee der Berge würde sich in engere Grenzen zusammenziehen, dagegen im Winter etwas mehr Schnee, als jetzt, die Ebenen bedecken. Die Grenzen für den vortheilhaften Bau der meisten Pflanzen würden sich etwas verschieben, und zwar die perennirenden näher nach dem Aequator hin, die der Sommergewächse dagegen näher den Polen zu, doch würde dies nicht völlig 3 Grade betragen. Noch manche Veränderungen ähnlicher Art würden vorgehen, wie wir sie sämmtlich **jetzt schon wahrnehmen von einem Jahre zum andern**, ohne dass eine Veränderung der Schiefe stattgefunden hätte, und zwar in Folge ganz andrer Einwirkungen und Verhältnisse, die nichts mit astronomischen Phänomenen zu thun haben.

Man bringe eine Veränderung von — 3° an, so werden Veränderungen im entgegengesetzten Sinne, aber wohl noch weniger merkbar als die früheren, vorgehen; keine derselben würde dem Leben der Menschen, Thiere und Pflanzen auf der Erde eine andere Gestalt geben.

§. 171.

Häufig ist auch die Vermuthung ausgesprochen worden, dass nicht sowohl der Winkel beider Ebenen, als die Lage der Axe in Bezug auf einzelne Oberflächentheile des Erdkörpers sich verändert habe, also z. B. der Aequator da gelegen habe, wo jetzt ein Meridian zieht, und die Pole in irgend einem Punkte des gegenwärtigen Aequators. Dabei hat man aber vergessen, dass die Abplattung der Erde eine solche Veränderung unmöglich macht. Bei einer sphäroidischen Gestalt eines rotirenden Körpers ist die kürzeste Axe, für welche das Mo-

ment der Trägheit ein Maximum ist, auch nothwendig die constante Rotationsaxe. Bei einer rotirenden Kugel könnte es als möglich gedacht werden, dass eine fremde Kraft die Axe versetze, und dass die Umdrehung fortan um die neuen Pole vor sich gehe; beim Sphäroid wäre dies selbst dann unmöglich, wenn durch die momentane Einwirkung eines fremden etwa der Erde sehr nahe kommenden Weltkörpers — eine augenblickliche Transposition der Axe erfolgt wäre: sie würde sogleich wieder einlenken nach Entfernung jenes Körpers. Nach *Bessels* Rechnung müsste man, um die Lage der Axe nur um eine Sekunde (95 par. Fuss) zu verändern, eine Masse von 114 Kubikmeilen in der dazu geeignetsten Richtung um 90° transponiren, also z. B. das ganze Himalayagebirge in den Norden Amerika's versetzen. Die gegenwärtigen Pole also waren dies stets und werden es in alle Zukunft hinein bleiben; sie sind so nothwendig, als die Erde selbst.

Es ist also vergeblich, für Erscheinungen wie sie die neueren geographischen Forschungen uns gezeigt haben, z. B. für die Palmenwälder, die in der Vorzeit Sibiriens Fluren bedeckten, für die elephantenartigen, also pflanzenfressenden Thiere im höchsten Norden des amerikanischen Continents, eine astronomische Erklärung zu suchen. Hatte jemals der Erdkörper andre klimatische Verhältnisse als jetzt, so muss die Ursach anderswo liegen. Es ist gar nicht unmöglich, dass bei der Bildung des Planeten durch Niederschläge, chemische Zersetzungen u. dgl. eine ganz andere Temperatur sich erzeugte als jetzt auf der längt ausgebildeten Erde herrscht und dass diese Temperatur sich erst ganz allmählich verlor. Noch jetzt kann durch Lichten der Wälder, Austrocknen der Sümpfe, bessere Bebauung u. dgl. das Klima eines Landes theilweiss geändert werden, und wenn Deutschland jetzt ein milderes Land ist als zu den Zeiten der Römer und Griechen, so liegt der Grund nicht darin, dass von *Eratosthenes* bis *Bessel* die Schiefe der Ekliptik sich um 16 Minuten vermindert hat, sondern in der so eben angeführten rein lokalen Ursachen.

Wir wissen aus Erfahrung, dass das Innere der Erde eine weit höhere Temperatur hat und dass schon in einigen tausend Fuss Tiefe die Hitze unerträglich drückt. Wir werden durch historische Zeugnisse wie durch die geognostischen Untersuchungen belehrt, dass die Erde einst in weit grösserer vulkanischer wie neptunischer Thätigkeit war als gegenwärtig, dass also das Innere mit der jetzt starren Oberfläche in weit aus-

gedehnterer Wechselwirkung stand als jetzt. Die Hitze des Erd-Innern, sie habe ihren Grund, worin sie wolle, musste also auch der Oberfläche sich mittheilen, wenn auch in einem etwas ermässigten Grade, während jetzt gar keine solche Wechselwirkung im Allgemeinen mehr übrig ist. Damals bedurfte es nicht des Sonnenlichtes zur Erwärmung; ihre Wirkung konnte der allgemein auf der Erde herrschenden hohen Temperatur nur wenig hinzufügen. Damals also konnten in allen Regionen jene reichen und üppigen Formen sich entwickeln, die jetzt nur noch, und vielleicht selbt weniger vollkommen, den tropischen Zonen eigenthümlich sind, und es war völlig gleichgültig, welches die Schiefe der Ekliptik war.

In ähnlicher Weise ist auch bei den übrigen Planeten dafür gesorgt, dass Veränderungen, welche der physischen Beschaffenheit eine völlige Umgestaltung drohen, in sehr enge Grenzen eingeschlossen und an Perioden geknüpft sind, so wie es z. B. bei unserm Monde, und so weit unsre Kenntniss reicht, auch bei den übrigen Trabanten für immer unmöglich gemacht ist, dass sie ihren Hauptplaneten eine andre Seite zuwenden, als die einmal von Anfang an dahin gerichtete. Zwar können wir in den Verhältnissen unsres Erdkörpers, in Beziehung auf die Sonne, nichts Analoges finden, würden es vielmehr für einen grossen Nachtheil halten müssen, wenn eine Seite der Erde stets Tag, die andre nichts als Nacht hätte, es ist aber als höchstwahrscheinlich anzunehmen, dass in der Naturökonomie des Mondes irgend ein noch wesentliches Moment liege, welches durch Aufhebung dieses Verhältnisses gefährdet werden würde, und deshalb ist Vorsorge getroffen dass es sich stets erhalte.

Es schien angemessen, bei der Auseinandersetzung dieses Gegenstandes ausführlicher zu verfahren, indem gerade hierin die auschweifendsten Meinungen, zum Theil selbst bei denen die auf Wissenschaftlichkeit Anspruch machen, sich Geltung zu verschaffen suchen. Muss man nicht in jedem strengeren Winter, in jedem heisseren Sommer bald diese bald jene vermeinte kosmische Veränderung zur Erklärung herbeigezogen sehen? und haben wohl diejenigen, welche die Erdaxe, je nachdem sie eben frieren oder schwitzen, sofort nach Norden und Süden rücken lassen, es sich klar gemacht, worin eine solche Verrückung eigentlich bestehe und was sie bewirken könne? Wohl mag Manchem, der sein Lieblingssystem auf die Veränderungen in der Lage der Axe gebaut hat, mit einer solchen Stabi-

lität, mit so einfachen mathematischen Verhältnissen wenig gedient sein: aber wenn die Phantasie sich bis zur ewigen Weltordnung hinaufsteigen will, ohne sich in eitle Träume zu verlieren, so verschmähe sie die Zügel der Messkunst nicht.

§. 172.

Der Ort des Periheliums, oder die Richtung der halben grossen Axe, erleidet gleichfalls Veränderungen, und diese heben sich nicht gegenseitig zu Null auf, vielmehr wachsen die Längen der Perihelien fortwährend bei einem System von Körpern, die sich alle in gleichem Sinne bewegen. In dieser Zunahme kommen kleinere und grössere Schwankungen vor, eben so wie im Rückwärtsgehen der Knoten. Die Länge des Perihels der Erde z. B. nimmt jährlich um 11″,8 zu und wird in 110000 Jahren ihren siderischen Cyclus beenden. Leicht ist übrigens einzusehen, dass die ganze Wirkung dieser Veränderlichkeit, zumal bei der geringen Excentricität der Erdbahn, darauf hinausgeht, das Verhältniss, nach welchem jetzt die Sonne im Winter der Nordhalbkugel uns näher steht als in dem der südlichen, einst umzukehren. Jetzt sind Herbst und Winter auf unsrer nördlichen Halbkugel 7 Tage kürzer als Frühling und Sommer, und nach einer Reihe von Jahrtausenden wird dies auf der südlichen statt finden, wo jetzt Frühling und Sommer 7 Tage kürzer sind als Herbst und Winter. Ein irgend merklicher Einfluss auf Temperatur kann daraus ganz und gar nicht resultiren. Bei Planeten von stärkerer Excentricität, wie Mars und Mercur, ist dies allerdings anders, hier haben die Halbkugeln, wenn das Perihel in den Winter der nördlichen fällt, folgende Jahrszeiten:

Nördliche Halbkugel.	Südliche Halbkugel.
Kurzer gemässigter Winter,	Langer strenger Winter,
Langer gemässigter Sommer,	Kurzer heisser Sommer;

und das kehrt sich um, wenn das Perihel um 180° fortgerückt ist. Allerdings ist ein solcher Wechsel nicht wirkungslos, aber ein Prinzip der gänzlichen Umgestaltung oder gar der Zerstörung kann darin nicht gefunden werden.

§. 173.

Es ist noch ein besondrer Fall der periodischen Störungen zu betrachten, der eintritt, wenn die Umlaufszeiten zweier Körper desselben Systems sehr nahe ein einfaches rationales Verhältniss zu einander haben. Aus *Laplace's* Untersuchungen geht hervor, dass in diesem Falle die Störung eine sehr lange Periode habe und folglich stark anwachsen könne. Man

sieht nämlich leicht ein, dass wenn ein solches Verhältniss nahezu statt findet, gewisse Lagen der Weltkörper gegen einander, wie etwa Oppositionen und Conjunctionen, nahe in gleicher Art einander folgen müssen. So sind 13 Umläufe der Venus, bis auf 1 $^1/_2$ Tag etwa, 8 Umläufen der Erde gleich, woraus folgt, dass nach 8 Jahren die Conjunctionen der Venus wieder nahe auf denselben Tag eintreffen. Erfolgt also ein Durchgang der Venus, so wird 8 Jahre später abermals ein solcher erfolgen, da die Venus noch nahe genug dem vorigen Punkte steht, und erst in abermaligen 8 Jahren wird sie zu weit von ihm entfernt sein, um einen Durchgang zu veranlassen. Es werden also die von solchen Lagen abhängenden Störungen sich eine lange Zeit hindurch in gleichem Sinne wiederholen, mithin anwachsen, und man hat von der Möglichkeit gesprochen, dass Verhältnisse dieser Art — wenn sie nämlich noch weit näher als das erwähnte zuträfen — bis zu einer Grösse anwachsen könnten, die dem Fortbestande des Systems Gefahr drohe.

So kam *Laplace*, wie oben erwähnt, auf die Störung welche zwischen Jupiter und Saturn gegenseitig statt findet, und deren Argument äusserst langsam wächst, d. h. bei welcher eine lange Zeit hindurch die Wirkung in gleichem Sinne erfolgt. Wäre Jupiters Umlaufszeit 15 Tage länger als sie jetzt ist, oder die des Saturn 36 Tage kürzer, so würde die Periode 1860 statt 930 Jahre dauern, mithin auch das Maximum (die grösste Summe) der zugehörigen Störung auf das Doppelte steigen, und so scheint es, dass es nur auf ein hinreichend nahes Zusammentreffen zweier Umlaufszeiten mit irgend einem einfachen rationalen Verhältnisse ankomme, um Störungen hervorzubringen so gross als man will und folglich auch zuletzt solche, welche die Stabilität des Systems gefährden.

Doch auch diese allerdings nahe liegende Befürchtung schwindet bei gründlicher Betrachtung. Eine streng durchgeführte analytische Entwickelung des allgemeinen Ausdrucks für Störungen dieser Art, wie sie am gründlichsten *Hansen* in seinem neuesten Werke: „Fundamenta nova investigationis orbitae verae quam luna perlustrat" gegeben hat, zeigt uns dass ein sehr nahe zutreffendes Verhältniss dieser Art sich gerade durch die daraus hervorgehende Perturbation selbst in ein völlig genaues verwandeln müsse, wobei es sodann für alle künftige Zeiten sein Bewenden hat, und nur noch Schwankungen um diesen mittlern Zustand herum übrig bleiben, deren Grösse,

eben so wie ihre Periode, abhängig ist von der anfänglich stattfindenden Abweichung vom Rationalverhältniss. Man kann, auch ohne in diese höchst schwierigen Entwickelungen einzugehen, sich von dem Gange der Natur in solchen Fällen durch nachfolgende Betrachtung eine allgemeine Uebersicht verschaffen.

Wir wollen bei dem angeführten Beispiele Jupiter und Saturn stehen bleiben. Die Wirkung der in Rede stehenden Störung wird am direktesten in einer wechselseitigen Verzögerung und Beschleunigung ihres Laufes erkannt werden. Gegenwärtig (seit 1562 n. C.) wird die Bewegung Jupiters verzögert, die des Saturn dagegen beschleunigt, und so fort bis zum Jahre 2027, wo beides sein Maximum erreicht hat, und von wo ab das Gegentheil, nämlich Beschleunigung des Jupiters- und Verzögerung des Saturnslaufes, eintritt. Ihre mittlere Bewegung zeigten beide Planeten im Jahre 1790, und 2255 wird dies wieder statt finden.

Nun fehlen nach der mittlern Bewegung bei Jupiters Umlaufszeit 29 Tage, um genau $^2/_5$ der Umlaufszeit des Saturn zu sein. Untersucht man dagegen die Umlaufszeiten in einer Epoche, wo Jupiters Bewegung am meisten verlangsamt, die des Saturn am meisten beschleunigt ist, so muss jener Unterschied geringer als 29 Tage sein und man sieht sehr leicht, dass bei einem gleich anfänglich geringen Unterschiede eine Abnahme bis auf Null in der Möglichkeit liegt. Wie nahe das anfängliche Zutreffen sein müsse, um ein Endresultat dieser Art hervorzubringen, kann indess aus unserm allgemeinen Raisonnement nicht hervorgehen, dies hat die Analysis in jedem gegebenen Einzelfalle besonders zu bestimmen. Es genügt hier dargethan zu haben dass es unter den gegebenen Voraussetzungen so kommen müsse.

In dem Moment aber, wo Jupiters Periode genaue $^2/_5$ der des Saturn wird, verwandelt sich das bisher veränderliche Argument der Störung in eine Constante, die Störung selbst ist also keinesweges aufgehoben, aber ihr Wachsen (oder Abnehmen) hat in diesem Augenblick aufgehört, sie wirkt nun gleichmässig fort in dem bisherigen Sinne. Die Bewegung Jupiters (um in dem gewählten Beispiele zu bleiben) wird also durch sie noch mehr verlangsamt, die des Saturn noch mehr beschleunigt, ähnlich wie ein zur senkrechten Lage strebendes Pendel, wenn es diese erreicht hat, die Bewegung darüber hinaus fortsetzt, und nun nach der andern Seite hin abweicht. Dies Verhältniss $^2/_5$ hatte also nur einen Au-

genblick statt, es wird sogleich überschritten und nun findet eine Abweichung im entgegengesetzten Sinne statt. So wird die constante Störung wieder periodisch, und folglich wird eine Grenze erreicht, bei welcher sie umkehren muss. Aus gleichen Gründen wie vorhin wird nun das Verhältniss $^2/_5$ abermals erreicht und sofort auch überschritten, die Grenze auf der andern Seite wird erreicht u. s. w.

Das solchergestalt variable Verhältniss der Umlaufszeiten wird demnach pendelartig um das mittlere (rationale) Verhältniss herumschwanken, und die Grösse dieser Schwankungen wird von der anfänglichen Dauer der Störungsperiode d. h. von der anfänglichen Abweichung selbst, abhängig sein; mithin auch diese aus jener, und umgekehrt, gefunden werden können.

Das befürchtete unendliche Anwachsen der Störungen findet also auch in diesem, auf den ersten Anblick so gefährlich aussehenden, Falle nicht statt.

Das gewählte Beispiel, Jupiter und Saturn, war ein blos hypothetisches, denn bei diesem Planetenpaar ist die Abweichung vom Rationalverhältniss 2 : 5 noch zu stark, um jemals Null werden zu können. Die Störung bleibt also stets periodisch, sie wird aber bewirken, dass, wenn man zu irgend einer Epoche aus den Beobachtungen die mittleren Bewegungen Jupiters und Saturns berechnet, diese auch nur für die gewählte Epoche gelten, und für eine andre auch anders gefunden werden. Wenn daher in irgend einer frühern Zeit diese Bewegungen bestimmt worden sind, so geben sie der Gegenwart ein Mittel an die Hand, daraus diese Epoche selbst zu finden und zur Aufhellung chronologischer Schwierigkeiten beizutragen. Besonders ist für einige Daten der alt-indischen Geschichte hierüber noch Manches zu hoffen.

Dagegen ist uns in den Mondensystemen Jupiters, so wie im Rotationsverhältniss unsers eignen Mondes, ein solches Beispiel wirklich gegeben.

Bei den 3 innern Monden Jupiters bestätigen nämlich die Beobachtungen folgendes Gesetz: die mittlere Bewegung des ersten Mondes, vermehrt um die doppelte mittlere Bewegung des dritten Mondes, ist gleich der dreifachen mittleren Bewegung des zweiten Mondes."

Entweder dies war immer genau so, oder es fand anfänglich nur beinahe statt. In letzterem Falle müsste, wie oben gezeigt, auch noch jetzt eine pendelartige Schwankung des jedesmaligen Verhältnisses um das oben angegebene mitt-

lere statt finden. Die Beobachtungen haben eine solche Schwankung nicht entdecken können; die anfängliche Abweichung muss also entweder Null oder sehr klein gewesen sein.

Aehnliches findet bei unserm Monde statt. Die Umdrehungszeit der Mondkugel um ihre Axe ist vollkommen genau der mittlern Umlaufszeit um die Erde gleich. Auch hier ist es bis jetzt nicht gelungen eine Schwankung (physische Libration) zu entdecken; die obige Bemerkung gilt also auch hier. — Man hat Ursache anzunehmen, dass auch bei den übrigen Monden in unserm Sonnensysteme die Rotationszeiten den mittleren Umlaufszeiten gleich seien.

§. 174.

Wir haben in den speciellen Anwendungen unsrer bisherigen Betrachtung der Kometen nicht gedacht, und uns hauptsächlich nur auf das Planetensystem der Sonne beschränkt. Wir haben gesehen, dass die zweckmässige Vertheilung der Massen, die Geringfügigkeit der Excentricitäten und Neigungen für die grösseren derselben und die übereinstimmend direkte Richtung der Planetenbewegungen die Hauptmittel sind, wodurch es möglich geworden ist, jede Gefahr einer Zerstörung des Planetensystems durch sich selbst auf alle Ewigkeit hin zu beseitigen. Wir kennen die übrigen Partialsysteme, namentlich die Mondensysteme des Saturnus und Uranus, noch zu wenig, um einen ähnlichen Schluss mit Gewissheit zu machen; bei Jupiters Monden zeigt sich indess ganz bestimmt, dass für die ungestörte Dauer desselben, nur allerdings auf eine ganz eigenthümliche Weise, gesorgt worden ist. So bleibt uns in der That nur Ein bedenklicher Punkt übrig — die Kometen, von denen wir die wenigsten kennen mögen, aber wissen, dass sie sich unter allen nur denkbaren Neigungswinkeln und Excentricitäten zeigen, ja dass vielleicht eben so viele rückläufig als rechtläufig sich bewegen.

In der That ist an die Stelle der Furcht früherer Zeiten — „was die Kometen bedeuten möchten“ — eine nicht vom Aberglauben, sondern von der Wissenschaft selbst angeregte getreten: „was sie bewirken?“ Was hälfe alle Sorgfalt in Verhütung der Planetencollisionen, wenn diese an keine Sphäre gefesselten, sondern sie allesammt rücksichtslos durchschneidenden Fremdlinge der Erde und allen Planeten stete Gefahr drohen? In der That, die Möglichkeit eines Zusammentreffens eines Kometen mit der Erde braucht nicht nach Hunderttausenden oder Millionen von Jahren bestimmt zu werden — der

Conflikt kann sich über Nacht ereignen und kein *Laplace* wird uns vom Untergange retten, wenn er in dieser Weise kommen soll. Die Sache verdient eine nähere Betrachtung.

Das ganze System ist, wie man sieht, auf Wirkung und Gegenwirkung basirt, und sie spricht sich in allen Verhältnissen der Sonne, der Planeten und Monde untereinander aus. Merkwürdiger Weise aber zeigen uns die Beobachtungen in Beziehung auf das Verhältniss von Planeten und Kometen nichts von einer solchen Gegenseitigkeit. Während die Wirkungen der Planeten auf die Kometen so stark sind, dass sie deren Wiederkehr um mehrere Jahre verzögern oder beschleunigen, ja ihre Bahnen so umgestalten, dass oft gar keine Aehnlichkeit mit der früheren übrig bleibt, während so, unsern Ansichten nach, die Kometen die bitterste und begründetste Klage über die schonungslose Härte der Planeten zu führen haben, hat man noch nie die kleinste Spur einer Gegenwirkung der Kometen wahrgenommen, trotz der grossen Nähe, in die mehrere nicht allein kommen können, sondern bereits gekommen sind, und nicht in grauer Vorzeit etwa, sondern in unsern Tagen. Im J. 1770 kam ein Komet der Erde so nahe dass er nur 400000 Meilen von ihr abstand, und eben derselbe ging hernach zwischen Jupiter und seinen Monden hindurch. Der *Halley*sche kam 1835 am 10. Octbr. der Erde näher als irgend ein Planet ihr jemals kommen kann, nämlich bis auf 4 Mill. Meilen. Am 26. Juni 1819 stand ein grosser Komet (den man erst 8 Tage später erblickte) so nahe zwischen Sonne und Erde, dass ein Theil seines Schweifs die letztere berührt haben muss. Alle diese Kometen haben, wie die Rechnungen zeigten, ihre Kühnheit theuer genug bezahlt, was die Stabilität ihrer Laufbahnen betrifft, doch was haben sie uns zugefügt? Müssten nicht die Tausende von Kometen, die gewiss schon erschienen sind, die Harmonie des Planetensystems längst in ein Chaos aufgelöst haben, wenn die Gegenwirkungen nur einigermaassen den Wirkungen entsprächen? Statt dessen hat nie ein Komet vermocht, die Erde oder irgend einen Planeten auch nur momentan zu stören, so dass die Störung ein Objekt der Beobachtung hätte werden können. Wäre z. B. der Komet von 1770 der Erde an Masse gleich gewesen, so hätte er der Rechnung zufolge eine Verlängerung des Erdjahres, in welchem er erschien, von 10000 Sekunden bewirkt. Allein schon eine Verlängerung von 2 Sekunden hätte sich in den Beobachtungen der Sonne und andrer Himmelskörper verra-

then müssen, gleichwohl ist nichts bemerkt worden, der Komet hatte also gewiss noch nicht $^1/_{5000}$ der Erdmasse. Doch wir treffen auf noch viel geringere Zahlen, wenn wir berechnen, welche Wirkung die oft wiederkehrenden Kometen bei ihren so stark abweichenden und zum Theil retrograden Bewegungen, selbst bei sehr geringen Massen, hätten haben müssen, und nach Ausweis der Beobachtungen nicht gehabt haben.

Den Kometen alle Materialität und in Folge dessen auch alle Wirksamkeit abzusprechen dürfte allerdings zu weit gehen; aber auch von andern Seiten lehren uns die Beobachtungen, dass unsre gewöhnlichen Begriffe von physischen Körpern auf sie gar keine Anwendung zu finden scheinen. Sie sind trotz eines Durchmessers von vielen tausend, ja hunderttausend Meilen vollkommen durchsichtig (§. 158.) und eben so wenig vermögen sie das Licht zu brechen. Unsre verdünnteste Luft würde sich in ihren Wirkungen nicht so auf Null reduciren lassen, wahrscheinlich ist also selbst der Kern noch viel dünner als diese, und unsre Vorstellungen von Weltkörpern als festen Massen finden hier gar keine Anwendung.

Auch die ungeheuren und raschen Veränderungen, welche die Kometen in ihrem Ansehen erleiden, sprechen für eine ungemeine Verflüchtigung ihrer Theile. Die Ursachen dieser Veränderungen mögen innere oder äussere sein, jedenfalls ist klar, dass ihre Theile so gut als gar keinen Widerstand zu leisten im Stande sind, und folglich auch keine wirkliche anziehende Kraft nach aussen bethätigen können.

Welchen Zweck die Kometen im Weltsystem erfüllen, ist freilich für uns allem Anschein nach unergründlich, doch dass sie zu Zerstörungswerkzeugen, oder — in der Sprache der Vorzeit zu reden — zu Zucht- und Strafruthen einer zürnenden Gottheit, doch gar zu ohnmächtige Wesen sind, kann nicht bezweifelt werden. Die Ausdrücke zusammen*stossen* und zusammen*prallen*, die schon manchen Erdbewohner, von Kometen gebraucht, mit Schrecken und Angst erfüllt haben, erscheinen in Bezug auf solche Körper zum mindesten sehr übel gewählt; Ineinander*fliessen* würde vielleicht weniger unpassend sein. Statt demnach in den Kometen den künftigen Ruin des bewunderungswürdigen Systems, in dem unsre Erde ein Glied ausmacht, zu erblicken, gewährt vielmehr diese Betrachtung uns einen ahnenden Blick in den Plan des allweisen Schöpfers der Welten. Nur solchen Körpern, die ihrer ganz eigenthümlichen innern Natur zufolge durchaus unschädlich und

unwirksam sind, ward es gestattet in so excentrischen und unter andern Umständen höchst gefahrdrohenden Bahnen um die Sonne zu laufen, allen andern dagegen, welchen eine Wirksamkeit zu Theil ward, ertönte auch ein strenges: „Bis hieher und nicht weiter!“ Die stärksten und überwiegendsten Massen fügten sich in eine desto genauere Ordnung, in eine Sphäre, innerhalb deren ihre anziehenden Wirkungen nur wohlthätig und, dem Plan des grossen Ganzen gemäss, nie zerstörend sich äussern können; und nur in dem Maasse, wie die Massen geringfügiger, so wie ihre Entfernung von der Sonne kleiner wird, ist ihnen auch ein grösserer Spielraum für die Abweichungen vom normalen Zustande gestattet. Und auf diesem Wege gelangen wir wieder zu jener prästabilitirten Harmonie, die aber nun nicht mehr blos als die kühne und glückliche Conception eines scharfsinnigen Naturphilosophen, sondern als das gesicherte Resultat des ruhig prüfenden Verstandes erscheint. Und sollte es uns auch nie vergönnt sein, uns geistig hinaufzuschwingen zum höchsten System aller Systeme, und der Erdensohn sich nie erkühnen dürfen, die geheimsten Absichten des Urhebers aller Dinge erforschen zu wollen, so mögen dennoch die bisherigen Betrachtungen uns wohl berechtigen zu der frohen Ueberzeugung: dass es des Schöpfers Wille sei, seine Welt zu erhalten!

Achter Abschnitt.

Die Fixsterne.

Wir haben bereits in der Einleitung im Allgemeinen die Merkmale angegeben, welche den Fixsternen zukommen, und können jetzt, da wir die zu unserm Sonnensystem gehörenden Körper näher betrachtet haben, manchen Unterschied zwischen diesen und den Fixsternen schärfer bestimmen.

Dem blossen Auge erscheinen beide Arten von Körpern

als strahlende Punkte, indess merkt man doch auch ohne künstliche Hülfsmittel leicht einen Unterschied in Bezug auf dieses Strahlenwerfen. Namentlich sieht man in heitern Winternächten die Fixsterne weit mehr funkeln (im Auge hin und her zittern) als die gleichwohl meistens hellern Planeten, die ruhiger glänzen. Auch wird man die wenigen mit blossem Auge deutlich sichtbaren Planeten sehr bald an ihrem eigenthümlichen Verhalten z. B. ihrer Farbe unterscheiden, und eine schon nach wenigen Abenden merkliche eigne Bewegung wird sich nur an den Planeten zeigen. So wird Jeder, der auch nur einige Male den Himmel aufmerksam betrachtete, sehr bald nicht mehr in Zweifel sein, ob er einen Fixstern oder Planeten vor sich hat.

Betrachtet man dagegen den Himmel mit hinreichend starken Ferngläsern, so werden sich bald bei den ältern Planeten Durchmesser zeigen, die Fixsterne dagegen bleiben auch in der allerstärksten Vergrösserung stets Punkte, die nur durch stärkern oder schwächern Glanz, so wie einigermaassen durch Farbe, unterschieden sind. Nur die 4 kleinen teleskopischen Planeten könnte man also möglicherweise noch mit Fixsternen verwechseln, und in der Nähe mondenbegleiteter Wandelsterne ist auf den ersten Blick ein Zweifel möglich, ob man einen Fixstern oder den Trabanten eines Hauptplaneten vor Augen habe, da letzterer ebenfalls keinen oder doch nur einen sehr geringen und schwer wahrnehmbaren Durchmesser zeigt.

Der Name Fixstern indess, der diesen Körpern wegen ihrer relativen Unbeweglichkeit gegeben wurde, kann nicht mehr der Strenge nach gültig sein, da sie, wie wir sehen werden, in der That eigne Bewegungen zeigen; nur dass diese für unsern Anblick millionenmal langsamer sind, als die eignen Bewegungen der Planeten, daher es im Altherthum ganz unmöglich war, von ihrer Existenz durch die Beobachtungen Etwas zu wissen.

§. 175.

Der wesentliche innere Unterschied besteht jedoch nicht in diesen mehr oder minder zufälligen Merkmalen, sondern darin dass die Fixsterne mit eignem Lichte leuchten und weit ausserhalb des Bereichs der Wirksamkeit unsrer Sonne stehen. Sie sind also selbst Sonnen, d. h. sie sind eben so selbstständige Körper als diese und leuchten mit einem Lichte, dass seiner Natur nach unserm Sonnenlicht ähnlich, nur freilich für uns weit schwächer ist. Möglicherweise bewegen sich auch dunkle Körper um sie, doch darf man dies nicht als unbedingt

annehmen. Wie es mondlose Planeten neben mondenbegleiteten giebt, so kann es auch planetenlose Sonnen neben solchen geben, zu denen ein System dunkler Körper gehört. Wie nicht blos Planeten, sondern auch Kometen, Sternschnuppen und vielleicht noch andre Körper um unsre Sonne laufen, wie Saturn ausser seinen Monden noch ein System von Ringen hat, wie sich kein ähnliches bei andern Planeten findet, so kann auch um die Fixsterne mancher Körper kreisen, für den wir keine Kategorie besitzen, und bei der ungeheuer grossen Zahl dieser Sonnen lässt sich fast mit Gewissheit annehmen, dass die Mannichfaltigkeit der Natur sich hier vorzugsweise bewährt haben werde. Wenigstens lässt sich schon nach den geringen und fragmentarischen Daten, die uns vorliegen, die Meinung derer vollständig widerlegen, die eine allgemeine Conformität der Grösse und der Beziehungen zu andern Weltkörpern für die Sonne und die Fixsterne annehmen.

Wir sind jetzt hinreichend belehrt, dass wir keinen dunklen Begleiter irgend eines Fixsterns, sei ersterer auch noch so gross, jemals erblicken werden; wenn wir demnach einen Satelliten wahrnehmen, der eine Bewegung um einen Fixstern macht, so muss dieser Satellit selbstleuchtend, mithin eine Sonne sein. Hierüber ein Mehreres im nächstfolgenden von den Doppelsternen handelnden Abschnitte.

Es kann noch hinzugefügt werden, dass Fixsterne, die nicht zu den teleskopischen gehören — und in sehr starken Ferngläsern unter günstigen Umständen selbst noch einige von diesen letztern — am Tage beobachtet werden können, wenn man das Auge hinreichend bewaffnet, dass dagegen bei Planeten dies grosse Schwierigkeit hat und die Scheibe der letztern alsdann beträchtlich bleich und völlig glanzlos erscheint, während der Fixstern sich als scharfer weisser Punkt und wenn er sonst hell genug ist, auch mit lebhaftem Glanze zeigt.

§. 176.

Man gruppirt die Fixsterne nach Sternbildern, ordnet sie nach Grössenklassen, bezeichnet sie durch eigne Namen, Buchstaben oder auch Zahlen, und bestimmt durch geeignete Hülfsmittel ihren Ort am Himmel, so wie ihre sonstigen Eigenthümlichkeiten, wenn sich deren zeigen. Ihre wahre Grösse ist uns unerforschlich, eben so ihre Entfernung, wenn man einige wenige ausnimmt deren Entfernung man in neuester Zeit annähernd bestimmt hat.

Die Gruppen (Sternbilder) sind zum Theil uralt, wie aus

sehr frühen Erwähnungen derselben (z. B. im Buche Hiob) aus alten Globen und Thierkreisbildern (wie dem von Denderah) und aus ihren eigenthümlichen Namen und Attributen hervorgeht, die sämmtlich der ältesten Mythologie angehören. Indess gruppirte man anfangs nicht alle Sterne und noch weniger dachte man daran, den ganzen Himmel einzugrenzen und einzutheilen. Nur die am meisten sich hervorhebenden Gruppen und Sternfiguren wählten die Alten für ihre Bilder, und so blieben, besonders in den südlichern Gegenden, die in den klassischen Ländern der alten Welt weniger gut beobachtet werden können, noch manche Räume leer, welche die Neueren nach und nach ausgefüllt und benannt haben, so dass gegenwärtig kein neues Sternbild mehr eingeführt werden kann, ohne einem andern bereits bestehenden eine gewisse Region zu nehmen.

Ausser den zwölf Thierkreisbildern: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Scorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische, hatten die Alten zwischen diesen und dem Nordpol folgende Bilder eingeführt:

Adler, Antinous, Schwan, Leyer, Herkules, Ophiuchus, Schlange, Krone, Bootes, Haar der Berenice, Fuhrmann, Cassiopeja, Cepheus, Andromeda, Perseus mit dem Haupte der Medusa, der grosse Bär, der kleine Bär, Drache, Triangel, Pegasus, kleines Pferd, Pfeil, Delphin.

Zwischen dem Thierkreise und dem Südpole zählten sie dagegen folgende:

Wallfisch, Orion, Hase, Eridanusfluss, grosser Hund, kleiner Hund, Schiff Argo, Wasserschlange, Becher, Rabe, Centaur, Wolf, südlicher Fisch, Altar, südliche Krone.

Eine etwa gleich grosse Anzahl von Sternbildern haben nun die Neuern hinzugefügt. *Hevel* in seinem Fixsterncatalog führte den kleinen Triangel, den Luchs, den kleinen Löwen, das Camelopard, die Jagdhunde Asterion und Chara, den Fuchs mit der Gans, das Sobieskische Schild, das Einhorn, die Taube und den Sextanten ein. *Poczobut* führte den Poniatowskischen Stier, *Kirch* den Brandenburgischen Scepter, *Bode* das Sternbild Friedrichsehre, *Flamsteed* das Herz Carls am Himmel ein, um das Andenken berühmter Monarchen zu verewigen. *Le Monnier* setzte das Rennthier an den Himmel zum Andenken der Gradmessung in Lappland, *Lalande* führte den Erntehüter (Custos Messium) ein, um *Messier*, den Entdecker der meisten Kometen, am Himmel zu verewigen. Die meisten neuen Sternbilder aber hat *Lacaille* am südlichen Himmel eingeführt,

wo auch noch der freieste Raum sich vorfand, da die Alten über den Horizont von Rom und Alexandrien hinaus nur zwei helle Sterne, Canopus und Achernar, kannten und die weiten den Südpol umgebenden Regionen noch ganz neu zu erforschen wie zu benennen waren. Er verewigte besonders die neuern Entdeckungen und Erfindungen, und so kann man den südlichen Himmel den artistisch-wissenschaftlichen nennen, während der nördliche, so wie die den Aequator umgebende Mittelzone, als mythologischer Himmel bezeichnet werden können.

Die Sternbilder *Lacailles* sind: die Bildhauerwerkstatt, der Phönix, der Toucan, die Pendeluhr, die kleine Wasserschlange, das rhomboidische Netz, der Grabstichel, die Malerstaffelei, der Schwertfisch, der Tafelberg, der fliegende Fisch, das Chamäleon, die südliche Fliege, das südliche Kreuz, der Zirkel, der südliche Triangel, das Winkelmaass mit dem Lineal, das Teleskop, der Paradiesvogel, der Pfau, der Octant, das Mikroskop, der Indianer, der Kranich, der Compass, die Luftpumpe, der chemische Ofen, die Buchdruckerwerkstatt.

§. 177.

In den ersten Zeiten nach Wiedererweckung der Astronomie in Europa hat man noch manche andre Benennungen versucht. So setzte im Anfang des 17. Jahrhunderts *Schiller* die Apostel, Patriarchen, Propheten und Kirchenheiligen an den Himmel, wobei z. B. die 12 Apostel an die Stelle der zwölf Thierkreisbilder traten. Wenn überhaupt groteske und wunderliche Benennungen, monströse Zeichen und gekünstelte Eintheilungen die Wissenschaft zu fördern geeignet wären, so hätten jene Zeiten sie bedeutend fördern müssen. — Schon mehrmals hat man den Vorschlag gemacht, das ganze bunte und planlose Sternbilderwesen abzuschaffen, und eine nach Zonen, Längengraden oder Stunden der Rectascension geordnete consequente Eintheilung des gesammten Himmels an seine Stelle zu setzen, doch ist es bis jetzt bei frommen Wünschen geblieben, nur dass auf den bessern Karten der neuern Zeit die Figuren der Sternbilder selbst weggelassen, und nur ihre Grenzen und Namen angegeben werden (auf den neuen von der Berliner Akademie veranstalteten Karten fallen auch selbst diese weg).

§. 178.

Der Eintheilung der Sterne nach Grössenklassen liegt dagegen ein reelles Naturverhältniss zum Grunde. Unter Grösse ist nämlich hier durchaus der Glanz zu verstehen, und man

nimmt also Sterne der ersten, zweiten u. s. w. Grösse an. Die ganze Eintheilung beruht bis jetzt auf Schätzung, da eine wirkliche Messung des Lichtglanzes noch grosse Schwierigkeiten hat. Indem nun jeder Astronom nach seinem individuellen Ermessen die Klassen feststellt, kann es nicht fehlen dass verschiedene Beobachter auch die Grössen, besonders der schwächeren Sterne, verschieden schätzen. Bei den mit blossem Auge sichtbaren (den sechs ersten Klassen) findet grösstentheils noch eine Art conventioneller Uebereinkunft statt, bei den teleskopischen hingegen, deren Zahl zu gross ist, als dass irgend ein Katalog oder Karte sie fassen könnte, ist eine solche unzureichend. So bezeichnet *Herschel II.* als 18te bis 20te Grösse, was *Struve* als 12te bis 13te setzt.

Man zählt 18 Sterne der ersten Grösse, 55 der zweiten, 197 der dritten u. s. w., überhaupt in jeder folgenden Klasse 3 bis $3\frac{1}{2}$ mal so viel als in der nächst vorhergehenden. Etwa 5000 Sterne des ganzen Himmels mögen dem blossen Auge unter günstigen Umständen sichtbar sein. Denn dass Einzelne auch noch einen oder den andern auf die 7te Grösse geschätzten Stern erblickt haben, muss einer besondern Virtuosität des Auges zugeschrieben werden, eben so wie das Sehen der Sterne am Tage. Dagegen geht die Zahl derer, die das hinreichend bewaffnete Auge wahrnehmen kann, weit über eine Million.

Auch Zwischenklassen hat man eingeführt, doch sagt man gewöhnlich nicht $2\frac{1}{2}$te, $4\frac{1}{2}$te u. s. w. sondern man bezeichnet ersteres durch (2.3) letzteres durch (4.5). Bei *Struve* kommen auch Zehntel der Differenzen vor, z. B. $7^m,8$; $5^m,3$ u. s. w. so dass zehn Abstufungen zwischen je zweien um eine ganze Einheit verschiedenen Grössenklassen gedacht werden müssen. Indess sind dies nicht einzelne Schätzungen, denn diese können nicht wohl weiter als auf Halbe gehen, sondern arithmetische Mittel aus mehrern, zu verschiedenen Zeiten gemachten, Schätzungen eines und desselben Sternes.

§. 179.

Was die Namen, Buchstaben und Zahlen der Sterne betrifft, so rühren die ersten zum Theil schon von den Alten her, wie Arcturus, Regulus, Sirius u. a. m. Eine beträchtliche Anzahl ist von den Arabern benannt worden und einige dieser Namen sind — zum Theil neben den alten lateinischen oder griechischen — auch bei uns in Gebrauch, z. B. Deneb Mesarthim, Azimech (Spica), Beteigeuze u. a. m. Indess ist die Anzahl der einzelnen Sterne viel zu gross, um für jeden Stern

einen Namen zulässig zu machen. Deshalb haben die Astronomen seit *Bayer* und *Doppelmayer* die Sterne, in jedem einzelnen Sternbilde besonders, durch griechische oder lateinische Buchstaben bezeichnet, denen folglich jedesmal das Sternbild, zu welchem sie gehören, hinzugefügt werden muss, z. B. β Tauri, p Ophiuchi. Dabei hat man durch die alphabetische Folge zugleich die Abstufung der Helligkeit anzudeuten versucht, weshalb die Sterne erster Grösse gewöhnlich mit α bezeichnet sind.

Da indess auch dies bei weitem nicht ausreichte, selbst wenn man nur alle mit blossem Auge sichtbaren Sterne hätte bezeichnen wollen, so hat man endlich eine Bezifferung gewählt, wo abermals jedes Sternbild besonders zählt und die Aufeinanderfolge der Zahlen die der geraden Aufsteigung ist. Auf diese Weise ist es wenigstens möglich, alle in die Kataloge eingetragenen Sterne zu unterscheiden: die bei weitem grösste Anzahl der teleskopischen Sterne aber entbehrt auch dieses letztere Auskunftsmittel, und nur die Rectascension und Declination selbst, oder in einigen besondern Fällen die Stellung gegen grössere Sterne, bezeichnet sie für das Wiedererkennen.

Jeder durch einen eignen Namen ausgezeichnete Stern hat zugleich einen Buchstab und eine Zahl, und jeder durch einen Buchstaben bemerkte eine Zahl, so dass die letztere Bezeichnung eigentlich ausreichte. Nur das bequemere und leichtere Behalten wird durch die beiden ersteren Bezeichnungen besser befördert.

Die Fixsterne erster Grösse sind folgende:

1) Nördlich vom Aequator.

Wega oder α der Leyer.
Capella = α des Fuhrmanns.
Arcturus = α des Bootes.
Aldebaran = α des Stiers.
Beteigeuze = α des Orion.
Regulus = α des Löwen.
Atair = α des Adlers.
Deneb = α des Schwans (1.2)
Procyon = α des kleinen Hundes.

Auch Algenib = α des Perseus, Sirrah = α Andromedae, und Denebola = β Leonis werden von Einigen zu den Sternen 1. Grösse gezählt, während Deneb häufig nur als 2. Grösse vorkommt.

2) Südlich vom Aequator, aber noch unter dem 50° N. Breite sichtbar.

Sirius = α des grossen Hundes (der hellste Fixstern)
Rigel = β des Orion.
Spica = α der Jungfrau.
Antares = α des Scorpions.
Fomalhaut = α des südlichen Fisches.

3) Unsichtbar für die oben angegebene Grenze.

Canopus = α des Schiffes Argo.
Achernar = α des Flusses Eridanus.
α des Centauren.
α des südlichen Kreuzes.

In den alten Sternkarten findet sich auch Alphard = α der Wasserschlange als Stern erster Grösse, den man jetzt kaum noch zur 2ten zählen kann, wogegen α des Adlers als Stern zweiter Grösse sich vorfindet, der jetzt ganz entschieden erster Grösse ist. Ueber die verhältnissmässigen Grössen der Sterne in der südlichen Hemisphäre, besonders in dem Theile, den das mittlere Europa nicht mehr wahrnimmt, haben wir werthvolle Beiträge von *Herschel II.* und *Humboldt* erhalten.

Auch die Sterne der zweiten und dritten Grösse sind fast ganz gleich über beide Halbkugeln vertheilt. Gleichwohl findet zwischen beiden der wesentliche Unterschied statt, dass während auf der nördlichen Halbkugel beiläufig alle Gegenden gleich reichlich mit grösseren Sternen versehen sind, in der südlichen sie mehr in Massen zusammentreten und verhältnissmässig sternenleere Regionen zwischen sich lassen, welhalb der südliche Himmel einen schöneren Anblick gewährt als der nördliche.

Schon das Alterthum besass Himmelsgloben und Himmelskarten, und Einiges von denselben hat sich bis auf unsre Zeiten herübergerettet; eben so haben die Araber in ihrer Blüthenzeit Arbeiten dieser Art geliefert. In Europa wurden sie nach Wiedererweckung der Wissenschaften in grosser Zahl und nach den verschiedensten Maassstäben angefertigt. Die Sternencataloge, d. h. Verzeichnisse der geraden Aufsteigung und Abweichung, oder auch der Länge und Breite der Sterne, lagen diesen graphischen Werken zum Grunde.

Flamsteeds British Catalogue war der erste umfassendere und mit einiger Genauigkeit angefertigte; *Hevels* schon 50 Jahre

früher bearbeiteter ist nie in eigentlichen Gebrauch gekommen und war auch sehr mangelhaft. In der Mitte und gegen Ende des 18. Jahrhunderts gewannen die Beobachtungen sehr an Schärfe, und wurden, namentlich von *Bradley*, *Maskelyne* und *Lalande*, viele Jahre hindurch mit grossem Fleisse angestellt; in Deutschland bearbeitete zugleich *Tobias Mayer* seinen Catalog nach eignen Beobachtungen. *Lalande's* Histoire céleste, der *Piazzi*sche Catalog und *Wollaston's* Sternverzeichniss waren die hauptsächlichsten Arbeiten dieser Art, welche das Ende des 18. und den Anfang des 19. Jahrhunderts bezeichnen. In den letzten Jahrzehenden sind vor allem *Bessels* Arbeiten als die umfassendsten und genausten zu bezeichnen. *Pond* und *Brinkley* lieferten gleichzeitig sehr scharfe Beobachtungen der sogenannten Fundamentalsterne, einzelner aus der grossen Masse ausgewählter Fixsterne, die man sehr oft und mit möglichster Sorgfalt beobachtet, um an ihnen sichre Vergleichungspunkte für die übrigen zu gewinnen. *Weisse* in Cracau hat die *Bessel*schen Beobachtungen (über 30000 Sterne) genau berechnet und reducirt. *Argelander* und *Wrottesley* haben ebenfalls sehr genaue Cataloge, aber nur über eine mässige Anzahl von Sternen sich erstreckend, nach eignen Beobachtungen gegeben: wie wir denn fast auf jeder grössern Sternwarte einzelne Beiträge zur genauern Bestimmung der Fixsternörter erhalten haben. Dadurch sind Karten möglich geworden, die alle früheren weit hinter sich zurücklassen, und unter denen vorzüglich die *Harding*schen (120000 Sterne auf 30 sehr grossen Blättern enthaltend) und die noch nicht beendeten der Berliner Akademie zu bemerken sind.

Für den blossen Liebhaber, der sich eine übersichtliche Kenntniss des Firmaments verschaffen will, sind *Bode's* und *Littrow's* Arbeiten von grossem Nutzen. Ersterer hat auch Globen unter seiner Leitung anfertigen lassen.

Da in Folge der Präcession alle Rectascensionen und Declinationen fortlaufenden Veränderungen unterworfen sind, so werden alle Cataloge, Karten und Globen nur für einen bestimmten Zeitpunkt richtig und unmittelbar gültig sein können. Um erstere auch für andre Zeiten brauchbar zu machen, fügt man den jährlichen Betrag der durch die Präcession bewirkten Veränderungen den einzelnen Angaben für jeden Stern besonders hinzu. Für den Gebrauch des Astronomen muss ausserdem noch die Aberration, Nutation und etwanige eigne Bewegung des Fixsterns in Betracht gezogen werden.

§. 180.

Die Fixsterne zeigen auch verschiedene Farben, wiewohl das blosse Auge nur wenig davon wahrnimmt (denn dass alle Sterne, wenn sie dem Horizont nahe kommen, in röthlichen und andern Farben spielen, hat seinen Grund in den Dünsten unsrer Atmosphäre und gehört nicht hierher). Bestimmter lässt sich im Fernrohr darüber urtheilen, wenn eine völlig heitre Nacht und günstiger Stand der Gestirne dem Beobachter zu Hülfe kommen, indess ist der Farbenunterschied stets nur schwach und mancher sonst sehr gute Beobachter bemerkt wenig oder nichts davon. Auch lässt sich in zu matten teleskopischen Sternen keine Farbe mehr unterscheiden: *Struve* nimmt die 9. Grösse als äusserste Grenze an, bei welcher er noch eine Farbe erkenne.

Die meisten Sterne, sowohl grössere als kleinere, scheinen weiss zu sein, doch zeigen sich auch hierin verschiedne Grade. Sirius, Wega, Deneb, Regulus und Spica sind entschieden weiss. Aldebaran, Arctur und vor allem Beteigeuze sind rothe Sterne erster Grösse, Procyon, Capella und Atair sind gelbe. Unter den beiden hellen Sternen der Zwillinge ist Castor grünlich, Pollux röthlich; α des grossen und α des kleinen Bären (der Polarstern) sind beide gelb, mehr aber noch β des kleinen Bären. Untern den kleinern Sternen ist Mira Ceti (ein veränderlicher) durch seine rothe Farbe ausgezeichnet. Auch bläuliche Sterne (wie η der Leyer) und purpurfarbene finden sich, doch sind letztere meist von geringer Helligkeit.

Diese Farben scheinen bei einigen Sternen Veränderungen unterworfen zu sein. Sirius wird von allen Alten als roth (rubra canicula) bezeichnet, jetzt ist nicht das geringste Roth an ihm zu erkennen. — Ein Mehreres über diese Farben wird bei den Doppelsternen gesagt werden.

§. 181.

Dass das Licht der Fixsterne ein selbstständiges, nicht erborgtes wie das der Planeten sei, lässt sich schon aus ihren ungeheuren Entfernungen, so wie daraus schliessen, dass sie trotz ihrer für uns ganz unmerklichen scheinbaren Durchmesser gleichwohl ein so intensives Licht zeigen. Gleichwohl giebt es ein direktes Mittel, diesen Umstand ausser allen Zweifel zu setzen: das Licht der Fixsterne zeigt sich nämlich, wie das unsrer Sonne, völlig unpolarisirt, während jedes reflektirte Licht, der Gegenstand möge ein astronomischer oder terrestrischer sein, sich durch seine Polarisation als solches verräth.

Diese erst in den neuern Zeiten entdeckte Eigenthümlichkeit des Lichts hat Anlass zu vielfachen Versuchen gegeben: so untersuchte z. B. *Arago* das Licht des Halleyschen Kometen, welches sich ganz deutlich als ein erborgtes zeigte. Dass dieses eigne Licht der Fixsterne, trotz der verschiedenen Farben, im Allgemeinen wesentlich gleicher Natur sei, in seiner Verbreitung gleichen Gesetzen folge, in Bezug auf Geschwindigkeit ebenfalls keine Verschiedenheit zeige, lehren die Beobachtungen, denn die Constante der Aberration ist für alle Fixsterne dieselbe. Indess könnten kleine Unterschiede, wenn sie statt finden, sich allerdings in den Beobachtungsfehlern verstecken. Die Aberration beträgt im Maximo 20″,255; eine um $1/_{100}$ langsamere oder geringere Geschwindigkeit des Lichts irgend eines Fixsterns würde also nur eine Differenz vom 0″,2 im Bogen hervorbringen und eine solche ist für unsre Meridianinstrumente eigentlich noch zu fein, nicht sowohl weil ihre optische Kraft zu gering, sondern weil die tägliche Bewegung der Gestirne so rasch ist, wenn man starke Vergrösserungen anwendet. *Struve* untersuchte deshalb zwei Sterne, für welche diese Bewegung nur etwa $1/_{40}$ derjenigen beträgt, die im Aequator statt findet, und wo folglich die Passagen eine in Beziehung auf Ortsbestimmung sehr grosse Genauigkeit haben können, nämlich den Polarstern und seinen kleinen Begleiter, der 18″,3 von ihm absteht. Er fand in der That, dass die Aberration für den Begleiter k l e i n e r, mithin die Bewegung seines Lichtes rascher sei, als für den Polarstern statt findet. Aus 55 Beobachtungen in den Jahren 1818 bis 1821 fand er nämlich, dass wenn A die Aberration des grossen, A′ die des kleinen Sternes ist:

$$A - A' = + 0'',180;$$

und aus fortgesetzten Beobachtungen (96) in den Jahren 1822—1826:

$$A - A' = + 0'',133,$$

beide Resultate durch verschiedne Instrumente. Bei erstern Resultat fand sich der wahrscheinliche Fehler ± 0,035; beim zweiten ± 0″,025: das Mittel mit Berücksichtigung der Zahl der Beobachtungen, fand sich

$$A - A' = 0'',149; \text{ wahrscheinlicher Fehler } = \pm 0'',020.$$

Hieraus würde folgen, dass die Geschwindigkeit des Polarstern-Lichtes sich zu der Geschwindigkeit des von seinem Begleiter ausgehenden verhalte wie

$$133 : 134.$$

Nach der Geringfügigkeit des wahrscheinlichen Fehlers scheint

dieses Resultat keinem Zweifel unterworfen zu sein; indess wäre zu wünschen, dass man noch mehrere Sterne in der Nähe der Pole untersuchte. Ergäbe sich z. B. dass bei allen hellen Sternen die Bewegung des Lichts langsamer ist als bei benachbarten dunklen, so wäre die wahrscheinlichste Ursache die grössere Gravitation gegen die hellern und also auch im Allgemeinen grössern Massen. So gross nämlich auch immer die Geschwindigkeit des Lichtes sei, so ist gleichwohl anzunehmen, dass die Schwere gegen den leuchtenden Körper nicht Null sein könne. Ist nun das Licht ein Körper, so wird seine fortschiessende Bewegung durch die entgegengesetzte der Attraktion vermindert, und zwar um so stärker, je grösser die Masse ist. Ist aber auch, wie die neuern Untersuchungen es höchst wahrscheinlich machen, das Licht nur eine Undulation des Aethers, so wird die Fortpflanzung der pendulirenden Bewegungen gleichfalls Hemmungen durch die Anziehung des leuchtenden Körpers erfahren, was wesentlich auf dasselbe Resultat führt. Die Rechnung zeigt, dass, wenn der Polarstern bei gleicher Dichtigkeit mit unsrer Sonne einen 34mal grösseren Durchmesser als diese hat, der kleine Begleiter aber an Masse und Dichtigkeit etwa unsrer Sonne gleich ist, das obige Resultat herauskomme. Doch können auch gar wohl andre physische Verschiedenheiten statt finden.

Man hat sogar von der Möglichkeit gesprochen, dass ein Körper eine so ungeheure Masse habe, dass die Gravitation gegen ihn die Lichttheilchen, nachdem sie vielleicht viele Millionen Meilen zurückgelegt hätten, wieder zur Umkehr genöthigt würden, wie ein aufgeworfener Ball zur Erde zurückkehren muss. Diese Körper würden alsdann gar nicht ausserhalb der Grenzen dieser Schussweite ihrer Strahlen gesehen und wir wüssten nichts von ihnen.

Als eine blosse Möglichkeit betrachtet, lässt sich der Gedanke nicht gradezu abweisen; nur vergesse man nicht, dass hierzu Massen gehörten, die unsre Sonne vielleicht tausend Millionenmal überträfen, und Volumina, die etwa der Uranusbahn an Durchmesser gleich wären. Von Körpern dieser Art wäre es aber wahrscheinlich, dass sie sich im Laufe der Zeiten durch ihre ungeheure anziehende Kraft verriethen, die sie nothwendig auf andre Sonnen ausüben.

§. 182.

Die Fixsterne stehen, wie wir bereits erwähnt haben, keinesweges absolut fest, sondern viele von ihnen zeigen Bewe-

gungen, die nach kürzerer oder längerer Zeit für unsre Beobachtungen wahrnehmbar werden. Bereits vor 100 Jahren musste man auf diese Vermuthung kommen: denn in den Beobachtungen *Hipparchs*, verglichen mit denen von *Flamsteed* und andern neuern Astronomen, fanden sich nach Anbringung der nöthigen Reduktionen so starke Incongruenzen, dass es nicht wohl möglich war, sie den Beobachtungsfehlern zuzuschreiben. Indess besitzen wir nur ein sehr mangelhaftes Detail über die alten Beobachtungen und es war jedenfalls vorauszusetzen, dass sie nicht hinreichende Genauigkeit besässen, um die Sache ausser Zweifel zu setzen. Als man aber gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts die genauen Beobachtungen *Bradley's* mit den 40 — 50 Jahr spätern *Piazzi's* verglich, und auch die Angaben andrer Astronomen benutzen konnte, zeigten sich diese Differenzen schon mit grösserer Bestimmtheit, und gegenwärtig hat man schon gegen 500 Sterne, deren eigne Bewegung keinem Zweifel mehr unterworfen ist, während sie bei allen übrigen als höchst wahrscheinlich angesehen werden muss.

Die stärkste eigne Bewegung zeigen zwei physisch verbundene Sterne, der Doppelstern 61 des Schwans, seine Bewegung beträgt jährlich 5″,1 Sekunden. Hierauf folgen zunächst 40 des Eridanus und μ der Cassiopeja, wo sie zwischen 3 und 4 Sekunden beträgt. Unter den hellen Sternen (die oben genannten gehören nur der 4—5. Grösse an) hat Arctur die grösste eigne Bewegung von nahe 2 Sekunden. Nur 21 Sterne zeigen eine Bewegung von mehr als einer Sekunde im Jahre; viele der hellsten Sterne eine weit geringere, z. B. Sirius 0″,40, Atair 0″,68; Wega 0″,37; Regulus 0″,26; Aldebaran 0″,19. — Ueberhaupt sind 390 Sterne gefunden worden, bei denen die Bewegung über $^1/_{10}$″ jährlich beträgt, und etwa noch 100, für welche sie $^1/_{20}$″ übersteigt. Noch kleinere Bewegungen können erst durch einen längeren Zeitraum konstatirt werden: denn jetzt sind erst beiläufig 80 Jahre verflossen, seit *Bradley* seine alle früheren weit übertreffenden Beobachtungen machte. Giebt man 4 Sekunden Fehler bei beiden Beobachtern zusammengenommen als noch möglich zu, so wird eine eigne Bewegung x in $\frac{4}{x}$ Jahren noch nicht sicher erkannt sein können, sondern eines längern Zeitraums bedürfen. Nach 400 Jahren z. B. werden wir (den obigen Maassstab der Genauigkeit beibehaltend) alle eignen Bewegungen bis zu $^1/_{100}$″ herab erkannt haben. Die vorstehend bemerkte Anzahl der

Sterne, welche eigne Bewegung zeigen, betrifft die nördlichen, und von den südlichen die, welche über —15° Declination haben. Die südlicher gelegenen sind noch nicht lange genug beobachtet, um jetzt schon Resultate liefern zu können.

§. 183.

Diese eignen Bewegungen können nun zunächst einen zwiefachen Ursprung haben. Entweder die Sterne bewegen sich wirklich im Raume, oder unsre Sonne (und mit ihr das ganze zu ihr gehörende System von Planeten, Kometen und Monden) bewegt sich, und veranlasst dadurch scheinbar Bewegungen der Fixsterne. Wäre Letzteres ausschliesslich der Fall, so würde es einen Punkt O des Himmels geben, wohin die Sonne ihren Lauf richtete, und alle Gestirne müssten sich nun nach Maassgabe ihrer Entfernung mehr oder weniger dem entgegengesetzten Punkte nähern und von dem, auf welchen die Sonne zueilt, sich entfernen, und es liesse sich für jeden Stern, dessen Ort an der Himmelskugel bekannt ist, auch die Richtung (nicht die Quantität) seiner Bewegung, die er in Folge der Sonnenbewegung haben müsste, genau bestimmen, sobald jener Punkt O bekannt wäre, folglich auch umgekehrt dieser Punkt finden, wenn man die Richtung der Bewegung mehrerer Fixsterne aus Beobachtungen ermittelt hätte.

Wäre dagegen unsre Sonne selbst in Ruhe, und nur die Fixsterne (oder nur eine gewisse Anzahl derselben) in Bewegung, so würde eine solche Regel nicht bemerkt werden. Jeder Fixstern würde diejenige Richtung nehmen, die aus seiner eignen Bahn und der Stellung gegen unsre Erde resultirte, und da wir Fixsterne nach allen Gegenden hin sehen, so würden auch alle Richtungen nicht allein vorkommen, sondern durchschnittlich gleich häufig vorkommen.

Keins von Beiden ist, den Beobachtungen zufolge, der Fall. Die Sterne folgen nicht einer solchen allgemeinen, auf zwei Pole sich beziehenden Richtung, aber sie zeigen auch nicht alle Richtungen gleich häufig; so bemerkte schon *Prevost* und *Herschel*, dass die meisten Sterne sich nach Süden bewegten, und dies besonders in einer Gegend, welche in der Nähe des Wintersolstitii der Sonne sich befindet. Es war demnach am wahrscheinlichsten, dass beide oben angegebene Ursachen wirkten; dass sowohl die Sonne, als auch die Fixsterne, einer Bewegung im Raume folgten.

Die Bewegung der Fixsterne, wie sie uns erscheint, ist demnach aus einer zwiefachen zusammengesetzt, einer schein-

baren, von der Bewegung unsrer Sonne erzeugten, und einer wirklich eignen. Nur die erstere würde, wenn wir den Punkt O erforscht hätten, der Richtung nach gegeben sein, die zweite nicht, allein man kann voraussetzen, dass diese zweite für alle Sterne zusammengenommen sich der Richtung nach gegenseitig aufheben werde. Erforscht man also denjenigen Punkt, in Beziehung auf welchen mehr als für irgend einen andern die Bewegungen so erfolgen, wie sie in Gemässheit der Sonnenbewegung erfolgen müssten, so hat man auch den Punkt gefunden, welcher unter allen, wohin die Sonne sich bewegen könnte, als wahrscheinlichster bezeichnet werden muss.

Dieses Ziel verfolgten, wie oben bemerkt, *Prevost* und *Herschel I.* Letzterer nahm den 270° der geraden Aufsteigung und etwa 45° der nördlichen Abweichung, später den 255° und + 35° als denjenigen Punkt an, wohin das Sonnensystem sich bewege. *Maskelyne* suchte bald darauf zu zeigen, dass die Bestimmung zu unsicher und schwankend sei und bei weitem nicht alle von ihm bemerkten Veränderungen erkläre; wogegen *Herschel* zeigte, dass die stärksten der von *Maskelyne* bemerkten Aenderungen mit seiner Annahme allerdings verträglich seien. *Biot*, *Lindenau* und *Bessel* fanden bei genauerer Untersuchung ebenfalls, dass der schwierige Gegenstand noch nicht spruchreif sei, und man erst eine grössere Zahl der eignen Bewegungen bestimmen müsse. Dies veranlasste *Argelander* in Abo, die helleren Sterne, so wie überhaupt diejenigen, bei denen man eine eigne Bewegung mit Wahrscheinlichkeit annehmen konnte, aufs Neue sorgfältig zu beobachten. Sein 1834 erschienener Catalog enthält die Resultate dieser Beobachtungen, und durch sie ist die eigne Bewegung für die im Vorstehenden bemerkte Anzahl von Sternen dargethan. Hierauf wandte er sie zur Bestimmung der Bewegungsrichtung unsrer Sonne an und fand mit so grosser Uebereinstimmung, als hier irgend erwartet werden konnte, den schon von *Herschel I.* bezeichneten Punkt O nahezu bestätigt. Um möglichst frei von Zufälligkeiten wie von willkürlichen Annahmen zu sein, theilte *Argelander* die Sterne in 3 Klassen

A) Sterne die sich jährlich um mehr als 1″ bewegen.

B) Sterne die sich jährlich um weniger als 1″ und mehr als 0″,5 bewegen.

C) Sterne deren jährliche eigne Bewegung zwischen 0″,2 und 0″,5 ist.

Später fügte er diesen noch hinzu:

D) 147 von *Pond* beobachtete Sterne, deren eigne Bewegung grösser als 0″,08 ist.

Jede dieser Klassen untersuchte er besonders, da es schwierig war, im Voraus zu bestimmen, wieviel Gewicht (Stimmrecht) einer jeden Klasse im Vergleich zu den übrigen zukomme, und nun zugleich praktisch zu prüfen, wieviel Uebereinstimmung die besonders berechneten Resultate zeigen würden. Er fand

aus A)	256°	25′,1 AR;	+ 38°	37′,2 Decl.	
B)	255	9,7	+ 38	34,3	
C)	261	10,7	+ 30	58,1	
D)	252	24,2	+ 14	26,1	

im Mittel, mit Berücksichtigung des aus den mittlern Fehlern hervorgehenden Gewichts:

aus 537 Sternen: 257° 49′,7 AR; + 28° 49′,7 Decl. (für das Aequin. von 1792,5).

Dieser Punkt liegt im Sternbilde des Hercules, links von dem hellen Stern der Krone.

§. 184.

Ist die eigne Bewegung der Sonne ausser Zweifel, so folgt zunächst, dass jeder Fixstern wenigstens eine scheinbar eigne Bewegung haben müsse, und zwar eine solche welche vom Punkte O direkt abwärts geht. Allein es ist zugleich höchst wahrscheinlich, dass jeder Fixstern auch eine wirklich eigne habe. Absolute Ruhe scheint im Universum überall nicht vorhanden zu sein und höchstens nur dem Centralkörper des Ganzen — wenn es anders einen solchen giebt — zuzukommen. Sind die Bewegungen der Fixsterne Folge einer Anziehung, so folgt von selbst, dass sie bei allen statt finden müssen. — Die Folgezeit wird hierin Vieles aufklären.

Das *Newton*sche Gesetz hat die höchste Wahrscheinlichkeit für sich, dass es ein durchaus allgemeines, nicht blos im Sonnensystem geltendes sei, und dass alle Bewegungen der Weltkörper nach ihm erfolgen. Man kann nun drei Hypothesen aufstellen, wie diese Bewegungen dem *Newton*schen Gesetz gemäss erfolgen.

A. Die gesammte Fixsternenwelt bewegt sich um einen einzigen Centralkörper.

B. Die grosse Masse der Fixsterne zerfällt in grössere und kleine Partialgruppen, in deren jeder ein Centralkörper dominirt.

C. Es sind gar keine Centralkörper im Grossen vorhanden, und die Bewegungen sind nur gegenseitige, ähn-

lich den Störungsbewegungen im Planetensystem, wenn man die Hauptumlaufsbahnen hinwegdenkt.

Dass auch zwei dieser Hypothesen und selbst alle drei gleichzeitig statt finden können, sieht man leicht ein; und es wird überhaupt nur von der grössern oder geringern Wahrscheinlichkeit die Rede sein können.

Ein Centralkörper der gesammten Fixsternwelt, der gleichsam im Verhältniss zu den andern Sonnen das ist, was die Sonne im Verhältniss zu den Planeten, müsste sich, so scheint es, am Himmel durch einen ausgezeichneten Glanz verrathen. Wir finden keinen der Fixsterne, der einen Anspruch auf die Stelle zu haben scheint: der hellste, Sirius, übertrifft doch andre, wie Canopus und α Centauri, zu wenig um einer solchen Vermuthung Raum zu geben. *Argelander* hat den Versuch gemacht, aus der Bewegung der Sonne diejenige Gegend zu bestimmen, für welche die Wahrscheinlichkeit, dass sich in ihr der Centralkörper befinde, die grösste ist, und er bezeichnet als solche die Gegend des Perseus, wo aber nur Sterne zweiter und geringerer Grössen stehen. Will man also nicht, der oben gegebenen Andeutung zufolge, einen dunklen Centralkörper unsrer Fixsternenwelt annehmen, so bleibt nur wenig Wahrscheinlichkeit für einen solchen überhaupt.

In der zweiten Hypothese hat man nicht nöthig, sich nach einem die andern Gestirne weit überwiegenden Fixsterne umzusehen, wogegen man viele Stellen des Himmels bezeichnen kann, welche sehr entschieden auf kleinere oder grössere, dichtere oder zerstreutere Partialsysteme hindeuten. Dass z. B. η Tauri der Centralstern für die Gruppe der Plejaden sei, hat eine Wahrscheinlichkeit für sich, für welche man viele Millionen gegen Eins wetten kann. Die Praesepe, die Gegend an den Hörnern des Stiers, um Aldebaran, Arctur und Wega, das südliche Kreuz, die 3 Sterne im Gürtel des Orion u. a. m. sind gewiss nicht blos optisch eng verbundene Sternhaufen. Auch hat bereits die Uebereinstimmung der eignen Bewegungen in einigen dieser Gruppen (z. B. in den Plejadensternen, nach *Bessels* Untersuchungen) auf eine physische Verbindung derselben geführt; und die Doppelsterne (von denen der folgende Abschnitt ausführlicher handeln wird) sind nur die einfachsten jener partiellen Systeme, welche zusammengenommen unsre Fixsternenwelt constituiren.

Dabei bleibt aber die dritte Möglichkeit, die gegenseitigen Störungsbewegungen, in voller Kraft bestehen; denn

wie gross auch immerhin die Räume sein mögen, welche die Fixsterne und Fixsternsysteme von einander trennen, so muss auch in die weitesten Fernen hinein eine solche Störung sich im Laufe der Zeit merklich machen, vollends wenn kein Centralkörper existirt, der die andern in regelmässigen Bahnen herumführt. Ja es ist nicht unwahrscheinlich, dass es viele einzelne Fixsterne giebt, die zu gar keinem Partialsysteme im engern Sinne gehören, selbst von unsrer Sonne ist dies wahrscheinlich, denn bildeten z. B. die uns als Fixsterne erster Grösse erscheinenden Sonnen mit der unsrigen ein solches partielles System, so würden sie sich durch ihre beträchtlich stärkeren Parallaxen und eignen Bewegungen verrathen, während dies doch entschieden nicht der Fall ist.

Es scheint also in der That, als müsse man für die höheren Weltordnungen die Idee eines gleichsam absoluten Centralkörpers fahren lassen. Der Gegensatz des Selbstleuchtenden und Erleuchteten fällt ohnehin weg, und auch das Uebergewicht des Glanzes selbst da, wo wir einen Centralkörper mit Entschiedenheit wahrnehmen, ist in der Fixsternwelt gewöhnlich nur gering. In unserm System ist die Sonne die Herrscherin, sie überwiegt an Masse nicht etwa blos jeden einzelnen zu ihrem Gebiete gehörenden Körper, sondern selbst die ganze Summe derselben noch 700 Mal; und ein solches Verhältniss besteht sicher in der Fixsternwelt nirgend, vielmehr sind ihre Individuen selbstständige Welten, für die es genügt, dass ein gegenseitiges Gleichgewicht bestehe, die aber keines Umlaufs bedürfen, da Jahres- und Tageszeiten, in dem Sinne wie unsre Erde sie kennt, für sie keine Geltung haben. Die Planeten- und Mondensysteme sind den Monarchieen zu vergleichen, in denen es zwar Grosswürdenträger, aber keine dem Herrscher gleichende Macht giebt: die Fixsternwelt dagegen ist, so weit wir bis jetzt beurtheilen können, ein Bund von Republiken.

§. 185.

Die interessante Frage über die Entfernung der Fixsterne konnte bis jetzt nur hypothetisch beantwortet werden. Es musste in der That auffallen, dass es durchaus nicht gelingen wollte, über diese Entfernung etwas Positives aus den Beobachtungen zu erhalten. Wenn ein entfernter Körper keine Parallaxe verräth, so ist entweder die Standlinie zu klein oder die zur Beobachtung angewandten Mittel nicht genau genug. Die Standlinie nun, welche wir anwenden können, ist

die doppelte Entfernung der Erde von der Sonne, und diese beträgt, wie man seit dem letzten Venusdurchgange weiss, nicht weniger als 41 Millionen Meilen, was allerdings zu der Hoffnung zu berechtigen schien, es müsse sich eine Parallaxe auch ausserhalb des Systems unsrer Sonne verrathen. Zugleich wurden die Beobachtungen selbst im Laufe der Zeit immer genauer. Wenn man vor *Tycho* kaum der halben Grade sicher war, so erhielten wir durch ihn Bestimmungen, in denen die Fehler wohl selten 5 Minuten erreichten. Zu *Flamsteeds* Zeiten konnte man schon auf einzelne Minuten, und in günstigen Fällen auf Halbe und Viertel derselben rechnen; und durch *Bradley* gewannen die Beobachtungen so sehr an Schärfe, dass einzelne Sekunden einen wirklichen praktischen Werth hatten. Da nun gleichwohl die Parallaxen der Fixsterne sich noch immer nicht finden wollten, so musste man, um diese Thatsache zu erklären und sie mit dem Copernicanischen System in Einklang zu bringen, annehmen dass sie viele tausendmal weiter als die Sonne von uns entfernt seien. Sei nämlich x die Parallaxe eines Sternes, so ist seine Entfernung $= \frac{1}{\text{tg } x}$ wenn 1 die Entfernung der Sonne von der Erde ist; oder wenn man x in Sekunden ausdrückt, so kann man für die Entfernung setzen

$$\frac{206264{,}8}{x}.$$

Hieraus ergiebt sich für eine Parallaxe

von	1	Minute	3437,75	Sonnenweiten
vor	$\frac{1}{2}$	—	6875,5	—
von	20	Sekund.	10313,24	—
-	15	—	13751	—
-	10	—	20626,5	—
-	5	—	41253	—
-	2	—	103132,4	—
-	1	—	206264,8	—

Der letztere Werth aber ist schon über 4 Billionen Meilen gleich, wenn daher auch *Bradley*, ungeachtet er Einrichtungen getroffen hatte, bei denen er hoffen durfte, Parallaxen von einer Sekunde noch zu entdecken, keine solche mit Sicherheit fand, so musste man schliessen dass selbst 4 Billionen Meilen noch eine zu kleine Entfernung für einen Fixstern abgäben.

Bradley hatte, um diese — wie man damals schon überzeugt war — jedenfalls sehr kleinen und für Meridianinstrumente

zu feinen Parallaxen zu entdecken, einen sogenannten Zenithsektor aufgestellt. Durch ein gerade gegen das Zenith gerichtetes Fernrohr, welches sich an einem 24 Fuss Radius haltenden Gradbogen — der aber nur wenige Grade enthält — bewegte, beobachtete er den Abstand eines culminirenden Sterns vom Zenith zu verschiedenen Jahrszeiten. Wenn er dazu Sterne wählte, die sehr nahe am Zenith durch den Meridian gingen, so gewährte dies den Vortheil, dass man das Instrument selbst nur wenig aus seiner normalen Lage zu entfernen brauchte, dass also die etwanigen Unvollkommenheiten der Theilung, Centrirung u. dgl. nur wenig Einfluss ausüben konnten, und zugleich den fast noch wichtigern, dass die Strahlenbrechung fast Null war, sich also auch bei noch unvollkommnen Refraktionstafeln gleichwohl mit grosser Schärfe bestimmen liess. Gleichwohl gelangte er und sein Mitarbeiter *Molyneux* zu der Ueberzeugung, dass wenigstens bei den von ihnen untersuchten Sternen die Parallaxen noch immer zu klein sein müssten, um so wahrgenommen zu werden, also höchst wahrscheinlich noch unter 1 Sekunde.

Dieses negative Resultat schreckte andre Astronomen nicht ab. *Bradley* hatte, wenn auch nicht die von ihm gesuchte Parallaxe, dennoch etwas für die Astronomie höchst Wichtiges, die Aberration und Nutation, entdeckt, ihre Entstehung nachgewiesen und ihre Werthe bestimmt. Man konnte hoffen, dass andre Sterne, die nicht gerade durch das Zenith von Kew und Wansted (*Bradley's* Beobachtungsorte) gingen, uns vielleicht näher ständen, und dass wenn man die von *Bradley* gefundenen Correctionen an die Beobachtungen dieser Sterne anbrächte, eine Parallaxe sich verrathen würde. In der That glaubten *Brinkley*, *Piazzi* und *Calandrelli* Parallaxen für verschiedene Sterne entdeckt zu haben, die zum Theil mehrere Sekunden maassen. *Calandrelli* bestimmte die Parallaxe von α der Leyer und fand 5″,3. Aus *Brinkley's* Beobachtungen ging 0″,57 hervor, früher hatte er ebenfalls über 1″ gefunden. Indessen schon die grosse Abweichung der Resultate dieser Astronomen untereinander konnte kein grosses Vertrauen erwecken, und die auf andern Sternwarten angestellten Beobachtungen bestätigten sie nicht. *Pond* in Greenwich z. B. richtete einige grosse Fernröhre mauerfest auf gewisse Sterne, und mass mikrometrisch ihren Abstand vom Mittelpunkte des Fadenkreuzes derselben, ohne solche Parallaxen entdecken zu können, er glaubte

also den Resultaten *Brinkley's* widersprechen zu müssen, und die Sache blieb unentschieden.

Die Meridianinstrumente hatten, selbst bei immer steigender Vollkommenheit, wohl zuweilen Andeutungen einer Parallaxe, nie jedoch eine solche mit einiger Gewissheit ergeben: man musste auf andre Mittel bedacht sein. In sehr vielen Fällen lässt sich der kleine Unterschied zweier nahe übereinstimmenden Grössen mit weit mehr Sicherheit finden als diese Grössen selbst. Es mögen zwei Sterne optisch sehr nahe in gleicher Richtung von der Erde aus gesehen stehen, und man habe ihre gegenseitige Distanz und Richtung durch irgend eine mikrometrische Vorrichtung, bei welcher die Kreise des Instruments selbst nicht in Anwendung kommen, bestimmt, so wird der so gefundene Unterschied ihrer Oerter von den meisten derjenigen Fehler frei sein, die in der Mangelhaftigkeit der Aufstellung und Theilung des Instruments, so wie in der etwanigen Ungenauigkeit der Correctionen ihren Grund haben. Denn diese Fehler werden den Ort des einen Sterns sehr nahe eben so wie den des andern afficiren, folglich auf ihren Unterschied keinen bemerkbaren Einfluss haben. Man setze nun den Fall, der eine dieser beiden Sterne stehe so entfernt, dass er schlechterdings keine wahrnehmbare Parallaxe zeige, der andre dagegen habe eine solche, die bei den feinsten Untersuchungen sich noch verrathen könne, so muss sie sich in diesem Unterschiede zeigen. *Herschel I.* war es, der zuerst die Idee verfolgte, doch waren seine Hülfsmittel, wenn gleich den frühern überlegen, doch noch nicht hinreichend genau. Es war *Struve* und *Bessel* vorbehalten, hierin die Bahn zu brechen, und für einige Fixsterne die Parallaxen, oder wenn man will, die Unterschiede ihrer Parallaxen von denen der verglichenen Sterne, zu bestimmen.

Struve wählte den Stern α der Leyer, der in Dorpat stets in einer bequemen Höhe beobachtet werden kann, und der 43″ von einem Sterne 11ter Grösse enfernt ist. Es war zu vermuthen dass beide Sterne nicht physisch verbunden seien (in welchem Falle sie gleiche Parallaxen gezeigt hätten die bei dieser Methode nicht gefunden werden konnten). Aus 96 Beobachtungen erhielt er im Mittel eine Parallaxe des Hauptsterns von 0″,2613, mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur 0″,02. Diese führt — wenn man die des kleinen Sterns gleich Null setzt, auf eine Entfernung von 789400 Sonnenweiten oder nahe 16 Billionen Meilen, welche das Licht in 12

Jahren 1 Monat durchläuft. Hat hingegen auch der kleine Stern eine Parallaxe p, so hätte *α* der Leyer eine von 0″,2613 + p, und die Entfernung wäre kleiner. Es ist aber höchst unwahrscheinlich, dass ein so unscheinbarer Stern eine merkliche Parallaxe haben könne, wenigstens ist diese aller Wahrscheinlichkeit nach viel kleiner, als der obige zu befürchtende Fehler der Parallaxe des Hauptsterns.

Der Stern *α* der Leyer hatte durch seinen starken Glanz die Vermuthung erregt, dass er zu den näherstehenden gehöre; ein andrer viel schwächerer, 61 des Schwans, erregte eine noch besser begründete Vermuthung durch seine starke eigne Bewegung. Er war deshalb auch schon vielfach durch Meridianinstrumente in Beziehung auf Parallaxe geprüft worden, doch hatten *Bessel* und *Struve* auf diesem Wege keine entdeckt, und *Arago* und *Matthieu* hatten zwar eine solche (von 0″,5), doch mit zu geringer Sicherheit, gefunden. — *Bessel* wandte deshalb die Kraft seines grossen Heliometers an, eine Parallaxe desselben zu entdecken, indem er ihn mit zwei schwachen Sternen (von 460″ und 705″ Abstand) verglich, wobei die starke eigne Bewegung und sämmtliche übrige Correctionen aufs sorgfältigste in Rechnung gebracht wurden. Er fand aus 402 Beobachtungen eine Parallaxe von 0″,3483; was auf einen Abstand von 12 Billionen Meilen (592200 Sonnenweiten) und auf eine Zeit des Lichts von 9 Jahren 3 Monaten führt.

Endlich haben in neuester Zeit *Maclear* und *Henderson* am Cap der guten Hoffnung einige südliche Sterne in Bezug auf Parallaxe beobachtet und darunter einen, *α* des Centauren, gefunden, für welchen sie noch über 5″ zu sein scheint und gewiss grösser ist, als die der beiden vorhin genannten. Wir müssen über diesen Stern, so wie den Sirius, für welchen sie beiläufig $\frac{1}{4}$″ finden, die weiteren Beobachtungen und ihre Resultate abwarten, sehr wahrscheinlich aber steht *α* des Centauren, der gleichzeitig einer der hellsten Sterne ist, eine sehr starke eigne Bewegung hat und von einem Sterne vierter Grösse umkreiset wird, unsrer Erde unter allen Fixsternen am nächsten, nämlich nur etwa 200000 Sonnenweiten oder 4 Billionen Meilen, und sein Lichtstrahl gelangt in 3 Jahren zu uns.

Noch für einige andre Sterne hat man neuerdings Versuche gemacht, theils die Parallaxen selbst, theils ihre Summen für je zwei derselben (die sich etwas genauer finden lässt) zu

ermitteln, doch das Bisherige mag hier genügen. Folgende zwei Sätze:

1) Die Fixsterne zeigen eine wirkliche, von der Bewegung der Erde um die Sonne herrührende, und in einzelnen Fällen für uns noch wahrnehmbare Parallaxe, und

2) die geringste Entfernung eines Fixsterns von der Erde ist = 200000 Sonnenweiten oder 4 Billionen Meilen;

sind als das positive Resultat der bisherigen Bemühungen zu betrachten. Noch vor 4 Jahren war es nicht möglich, diese Sätze aufzustellen.

Bevor die fortgesetzten Beobachtungen der Astronomen uns mehr Aufschluss über diesen Gegenstand gegeben haben werden, mögen wir die von *Struve* gefundene Parallaxe der Wega, oder 0″,2613, als mittlere eines Sterns erster Grösse setzen, denn im Allgemeinen wenigstens sind unter diesen auch die nächsten zu vermuthen. 789400 oder in runder Zahl 800000 Sonnenweiten, also 16 Billionen Meilen, möge also eine einfache Fixsternenweite heissen und den Maassstab unsrer weiteren Untersuchungen ausmachen. Unter der Voraussetzung nämlich, dass durchschnittlich der Raum, den unsre Fixsternenwelt einnimmt, etwa gleich dicht mit Fixsternen besetzt sei, wird eine Kugel vom Halbmesser 1, in deren Mitte unsre Sonne gedacht wird, x Sterne, eine vom Halbmesser 2 dagegen 8 x Sterne umschliessen, da die Volumina der Kugeln sich wie die dritten Potenzen ihrer Halbmesser verhalten. Aus der Zahl der Sterne, die von einer gewissen Grösse gefunden werden, lässt sich auch auf die wahrscheinlichst mittlere Entfernung derselben, im Vergleich zur mittleren Entfernung der Sterne einer andern Grösse, ein Schluss ziehen, wobei die Möglichkeit, dass ein uns schwächer erscheinender Stern uns gleichwohl eben so nahe, ja selbst noch näher stehen könne als ein andrer von stärkerem Glanze, durchaus vorbehalten bleibt, da hier nur von näherungsweisen Schätzungen die Rede sein kann und eine so geführte Untersuchung nur so lange Werth haben kann, bis wir bestimmtere Resultate besitzen. *Struve* hat eine Vergleichung dieser Art in seinem klassischen Werke „Mensurae micrometricae stellarum compositarum“ gegeben, deren Resultat folgendes ist.

Grösse d. Sterne.	Zahl d. Sterne nach *Hardings* Karten.	Mittlerer Abstand.	
1	11	1	= 16 Bill. Meilen.
2	33	1,71	27 —

Grösse d. Sterne.	Zahl d. Sterne nach *Hardings* Karten	Mittlerer Abstand.		
3	98	2,57 =	41	Bill. Meilen.
4	245	3,76	60	—
5	761	5,44	87	—
6	3085	7,86	126	—
7	19870	14,62	234	—

für die nächst folgenden Grössen ist eine Zählung noch nicht möglich. Indess schliesst *Struve* aus den Dimensionen seines Fernrohrs, und aus der Wahrnehmung, dass ein Stern 12ter Grösse in diesem eben so viel Licht habe, als ein Stern 6ter Grösse mit freiem Auge gesehen, auf eine 41,49 mal grössere Distanz eines Sterns 12ter Grösse im Vergleich zu einem der 6ten, und folglich auf 326,10 einfache Fixsternweiten für diese kleinsten der für ihn noch deutlich sichtbaren Sterne: eine Entfernung von etwa 5000 Billionen Meilen und eine Zeit des Lichts von nahe 4 Jahrtausenden.

§. 186.

Im Bisherigen war nur von solchen Sternen die Rede, die einzeln unterschieden werden können. Allein schon das freie Auge nimmt in heitern mondfreien Nächten einen weisslichen Schimmer wahr, der sich durch das Himmelsgewölbe hinzieht und es wie ein Gürtel umschliesst, und dessen einzelne Theile verschiedene Breite und Intensität haben. Aus den Beobachtungen in südlichen Gegenden wissen wir, dass dieser Gürtel wirklich den ganzen Himmel umschliesst. Er führt den Namen Milchstrasse (Via lactea), der allerdings eines so erhabenen Gegenstandes wenig würdig ist, sich aber dennoch bisher behauptet hat. Er zeigt sich am stärksten und glänzendsten in der Gegend des Schwans, wo er an einigen Stellen doppelt zieht. Von da geht er durch den Kopf des Cepheus, die Cassiopeja, den Perseus, Fuhrmann, an den Grenzen des Stiers und der Zwillinge hindurch und am Orion vorüber zum Einhorn, durch das Schiff Argo, die Carlseiche, das südliche Kreuz, den Triangel und Altar. Beim Schwanze des Scorpions theilt er sich in 2 Arme, deren einer den Scorpion, Ophiuchus, den Poniatowskischen Stier und die Gans, der andre das Sobieskische Schild, den Adler, Pfeil und Fuchs durchziehen. Im Sternbilde des Schwans stossen beide wieder zusammen.

In dieser Milchstrasse zeigen sich an einigen Stellen, besonders am südlichen Himmel, inselartig dunklere Theile, deren

einige selbst noch schwärzer als der übrige Nachthimmel zu sein scheinen und die unter dem Namen der Kohlensäcke bekannt sind. Ueberhaupt aber hat sie nirgend bestimmte Grenzen und ihre Breite lässt sich daher nur näherungsweise bestimmen. Sie ist in der Nähe des Nordpols, von dem sie gegen 30° entfernt bleibt, breiter als in der des Südpols, dem sie auch etwas näher kommt. An einigen Stellen gehen Arme ab, die sich nicht wieder mit dem Hauptgürtel vereinigen, der grösste am südlichen Kreuz, von wo aus er den Centauren und den Wolf durchzieht und nach einem Laufe von etwa 30 Graden endet.

Schon einige Alten waren der Meinung, dieser Schimmer entstehe durch den vereinigten Glanz einer grossen Menge sehr kleiner oder auch sehr entfernter, einzeln nicht unterscheidbarer Sterne. War diese Ansicht richtig, so stand zu erwarten dass in hinreichend starken Ferngläsern die einzelnen Sterne, aus denen das Ganze besteht, erkannt werden würden, und diese Erwartung hat sich bestätigt. Einzelne Theile der Milchstrasse zeigten sich schon in mässigen Fernröhren auflösbar, man erblickte in ihnen gleichzeitig viele Tausende teleskopischer Sterne, aber immer noch auf einem weisslicht schimmernden Grunde, der anzudeuten schien, dass die Auflösung nur zum geringern Theile ermöglicht worden sei. *Herschel I.* hat seine grossen Teleskope ganz besonders zu diesen Untersuchungen verwandt, und aus seinen Beobachtungen geht hervor:

1) Die Milchstrasse besteht überall aus einer sehr grossen, dicht gedrängt stehenden Anzahl kleiner und kleinster Sterne, deren Zahl *Herschel* auf 18 Millionen schätzt, die aber durch die einzelnen Theile derselben sehr ungleich vertheilt sind.

2) Der Grund des Himmels an der Stelle der Milchstrasse bleibt auch in den stärksten Ferngläsern ein weisslicht schimmernder, der auf eine noch unvollständige Auflösung deutet.

3) Diejenigen Gegenden des Himmels, in deren Nähe die Milchstrasse vorüberzieht, sind weit reichlicher mit teleskopischen Sternen besetzt als die von der Milchstrasse entfernten, während die hellern, dem blossen Auge sichtbaren Sterne hier nur wenig häufiger als anderwärts gefunden werden.

Herschel giebt sogar Zahlen für das, was er Sterndichtigkeit nennt, und die er durch partielle Zählungen einzelner kleiner Räume z. B. des Feldes eines Fernrohrs, ermittelt hatte.

Einzelne Gegenden des Himmels zeigen sich bis zu hundertmal reicher an Sternen als andre.

§. 187.

Die von ihm gegebene Erklärung dieser Erscheinung muss man als eine genügende und durch fast alle Wahrnehmungen bestätigte betrachten. Er betrachtet nämlich den gesammten, von unsrer Fixsternwelt erfüllten Raum nicht als eine Kugel, sondern als einen sehr platt linsenförmigen, der nur einen einzigen grössten Kreis habe, und von dessen Mitte unser Sonnensystem nicht weit enfernt stehe. Die Ebene dieses grössten Kreises ist gleichsam die Grundebene der gesammten Fixsternwelt. Denkt man sich die Gesammtheit der Planetenbahnen als Modell geformt, und umspannt dies möglichst dicht mit einer gemeinschaftlichen Hülle, so wird diese gleichfalls einer linsenförmigen Gestalt sich nähern, wegen der geringern Neigung besonders der äusseren Planeten, und der grösste Kreis dieser Linse wird mit der Grundebene des Planetensystems nahe zusammenfallen. Statt der 25 — 30 planetarischen Körper, welche unser Sonnensystem ausmachen, denke man sich nun eben so viele Millionen Fixsterne, und versetze sich in die Mitte dieses Raums, der überall etwa gleich dicht mit Fixsternen besetzt sein mag, so wird man bei weitem die meisten nach der Richtung der Grundebene hin erblicken, die letzten und entferntesten aber schwer oder gar nicht mehr einzeln wahrnehmen, sondern nur ihren vereinigten Schimmer erblicken. Dies ist die Milchstrasse unsrer Fixsternwelt.

Die Hauptthatsachen sind auf diese Weise völlig genügend erklärt. Nur die an einigen Stellen vorkommenden Theilungen und Verzweigungen der Milchstrasse, so wie der Umstand, dass sie an einigen Stellen doch schärfer begrenzt erscheint als dieser Hypothese angemessen wäre, könnte als Einwurf dagegen angesehen werden, und scheint mit einer andern Meinung besser zu stimmen, wonach der Fixsternhaufe, der den Kern und die Mitte des Ganzen bildet, und der gar wohl linsenförmig sein kann, in einiger Entfernung von einem oder mehreren Ringen umgeben ist, in denen die Sterne dichter gedrängt stehen und deren Ebenen nicht ganz zusammenfallen. Auf diese Weise scheint sich Alles gut zu erklären. So würde uns Saturn, wenn man etwa seine Abplattung noch weit stärker setzte, mit seinen Ringen ein Modell der Fixsternwelt im Kleinen darbieten.

Da auch in den stärksten Ferngläsern noch immer ein nebliger Grund unaufgelöst übrig bleibt, da ferner auch an andern

Stellen des Himmels sich solche neblige Lichtmassen zeigen (s. den Abschnitt von den Nebelflecken) die gleichfalls dem grössten Theile nach nicht auflösbar sind, so haben Mehrere die Meinung geäussert, es bestehe dieser unaufgelöst bleibende Theil nicht sowohl aus kleinen entfernten Sternen, sondern vielmehr aus Sternmaterie, die erst im Laufe der Zeit sich zu soliden Massen gestalte. Wir hätten also hier werdende Weltsysteme vor uns, und kommende Geschlechter würden statt der Milchstrasse nur ausgebildete Sterne erblicken. Die Ausbildung der Fixsternwelt müsste man sich hiernach gleichsam als eine von innen heraus gehende denken, so dass die minder fortgeschrittene Entwickelung den grösseren Fernen angehöre. Oder auch, da wir schon für die entfernteste der einzelnen Sterne eine Zeit des Lichts von 4 Jahrtausenden als höchst wahrscheinlich gefunden haben, folglich der grosse, das Ganze umschliessende, die äussersten Fernen bezeichnende Gürtel gewiss noch eine beträchtlich grössere habe, die nach Zehn- und vielleicht Hunderttausenden von Jahren zu bemessen sei, so erblickten wir in der Milchstrasse nicht ihren jetzigen, sondern ihren früheren, gleichsam vorweltlichen chaotischen Zustand. Die einzelnen Körper könnten jetzt schon Jahrtausende lang fertig, die formlose Masse ganz verschwunden seien, aber der Lichtstrahl von ihnen sei noch unterweges, und werde ers unsern späten Nachkommen erglänzen, während unsre Ferngläser nur Strahlen empfingen, die längst vor dem Beginn des Menschengeschlechts ihre ungeheure Laufbahn begonnen hatten.

Es ist keines Sterblichen Sache, in dieser grossen Angelegenheit einen entschiedenen Spruch zu thun. Wo keine unsrer Messruthen den Raum, keine Geschichte die Zeit mehr zu umfassen vermag, wo unsre Erde nicht allein, sondern auch die Sonne, ja ihr ganzes System zum unscheinbaren nichts bedeutenden Punkte zusammenschrumpft, da muss allerdings der Phantasie ein Spielraum gestattet werden. Nur die Bemerkung mögen wir noch hinzufügen, dass die unregelmässige Gestalt der Milchstrasse dieser letztern Ansicht nicht ganz günstig sei, insofern man das *Newton*sche Gesetz als allgemein gültig betrachtet. Nur feste Körper vermögen sich in jeder Gestalt zu erhalten, und Sternhaufen können eine Form haben, welche sie wollen. Aber das Gleichgewicht incohärenter Massen ist durch eine sphärische oder doch symmetrisch regelmässige Gestalt bedingt, die sich herstellen muss, wenn sie Anfangs noch nicht vorhanden war. Wenn nun bis jetzt die Be-

obachtungen noch keine Veränderung in den einzelnen Theilen wie im Ganzen der Milchstrasse haben wahrnehmen lassen, so kann dies allerdings bei der Kürze der Zeit, welche unsre genaueren Beobachtungen umfassen, kein entscheidendes Argument gegen jene Meinung abgeben. So lange indess jedes stärkere Fernrohr weitere Fortschritte in der Auflösung der Milchstrasse macht, die Zahl der einzeln unterscheidbaren Sterne vermehrt und die noch übrig bleibende Nebelmasse verdünnt und schwächt, wird auch die erstere Meinung, wie *Herschel* sie aufgestellt hat, immer mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnen. Es mag noch bemerkt werden, dass auch nach vollständig gelungener Auflösung ein Himmelsraum, auf welchem so viele Tausende von Sternen aller Grössen im dichtesten Gedräng stehen, wohl nie ganz so dunkel als der übrige Himmelsraum erscheinen kann, selbst wenn gar keine physische Materie zwischen und hinter diesen einzelnen Sternen sich befände.

Nähmen wir indess auch nur diejenigen Sterne, welche uns die stärksten Fernröhre bis jetzt gezeigt haben, als wirklich vorhanden an, fügen wir also der Zahl von 18 Millionen, die *Herschel's* Schätzungen zufolge in der Milchstrasse sichtbar sind, noch 12 Millionen für den ganzen übrigen Himmel hinzu, so giebt das eine Summe von dreissig Millionen Sonnen, von einander getrennt durch Fernen, die selbst für die einander zunächst stehenden in Billionen von Meilen ausgedrückt werden müssen: in der That eine Unermesslichkeit für den menschlichen Gedanken.

§. 188.

Man hat auch die Frage aufgeworfen: ob das Licht, das bekanntlich schon durch die Verbreitung in einen immer grösseren Raum eine Schwächung erleidet, die dem Quadrate der Entfernung proportional ist, nicht auch noch einen anderweitigen Verlust auf diesen langen Wegen erleide und gleichsam der Quantität nach absolut vermindert werde? In diesem letztern Falle könnte das für uns sichtbare Universum eine durch kein künstliches Mittel zu überschreitende Grenze haben, denn wenn das Licht überhaupt nicht mehr zum Objectiv gelangen kann, so hilft die stärkste optische Kraft des letztern nichts mehr zur Sichtbarkeit. Nähme aber auch die Kraft des Lichtstrahls nur nach einer geometrischen Progression ab, so würde doch immer eine starke Verminderung des Glanzes entfernter Sterne eintreten. Aus den photometrischen Messungen *Steinheils* verbunden mit *Struve's* oben angeführten Untersuchungen, scheint

eine solche Abnahme des Lichts hervorzugehen. Aus den oben näherungsweise geschlossenen Distanzen kann man nämlich unter der Voraussetzung, dass alle Sterne durchschnittlich dieselbe Leuchtungsfähigkeit haben, sie mögen entfernt oder nahe stehen, denGrad des Glanzes ermitteln, den sie haben müssten, wenn das Licht blos nach dem Quadrat der Entfernung abnähme (Zahlen die in der unterstehenden Tafel unter dem Ausdruck berechneter Glanz begriffen sind. Dagegen soll der Grad, der als mittlerer für eine gewisse Sterngrösse aus *Steinheils* photometrischen Untersuchungen hervorgeht, als beobachteter Glanz aufgeführt werden.

	Glanz	
Grösse	berechnet	beobachtet
1.	1	1
2.	0,3421	0,3521
3.	0,1513	0,1248
4.	0,0709	0,0441
5.	0,0338	0,0156
6.	0,0162	0,0055

Hieraus scheint eine Lichtverschluckung im Weltenraume deutlich hervorzugehen, und die weitere Rechnung zeigt, dass von einem Sterne erster Grösse durchschnittlich $1/8$ des Lichts verloren gehe. Allein zugleich folgt, dass die Sterne 12ter Grösse nicht, wie oben gefunden, 326, sondern nur 39 einfache Fixsternweiten von uns entfernt seien, und dass die Anzahl derselben nur 371590 sei. Da dies offenbar selbst dann noch viel zu gering ist, wenn man alle Sterne der Milchstrasse ausschliessen wollte, so kann man das obige Resultat nicht als ein numerisch richtiges annehmen. Es sind aber allerdings so viele Voraussetzungen dabei gemacht worden, dass eine solche Incongruenz der Theorie mit der Natur nicht in Verwunderung zu setzen braucht. Vor Allem ist erforderlich, dass die photometrischen Messungen möglichst viele Sterne umfassen und nach einem zweckmässigen Plane angestellt werden. Immer bleibt eine solche Lichtverschluckung wahrscheinlich, allein der obige Coefficient derselben dürfte viel zu gross sein.

§. 189.

Das bisher Gesagte ist im Wesentlichen Alles, was wir von unsrer Fixsternwelt im Allgemeinen wissen. Ueber die veränderlichen Sterne wird ein besondrer Anhang dieses Kapitels handeln; den Doppelsternen und Nebelflecken haben wir besondre Abschnitte gewidmet. Es möge hier nur

noch bemerkt werden, dass wir über dem Horizont eines gegebenen Ortes jetzt nicht ganz dieselben Sterne sehen, die früher daselbst wahrgenommen wurden, da in Folge der Vorrückung der Nachtgleichen die Sterne ihre Declination verändern und von dieser der Auf- und Untergang unter einem gegebenen Grade der geographischen Breite abhängt. Alle Sterne, welche innerhalb einer der Ekliptik parallelen Zone liegen, deren Breite der doppelten Schiefe der Ekliptik gleich ist, und deren Mitte eine südliche Breite von $90^\circ - \varphi$ hat (unter φ die Polhöhe verstanden) werden einem Orte der nördlichen Halbkugel im Verlauf von 25600 Jahren sichtbar und unsichtbar; so wie umgekehrt der südlichen die von nördlichen Breiten. Für den $52\frac{1}{2}^\circ$ der Breite werden im Laufe der Jahrtausende nach einander verschwinden: der Rabe, der Becher, die Wasserschlange, der grosse Hund, das Einhorn, Orion, der kleine Hund, der Brandenburgische Scepter, Eridanus, der Wallfisch, der südliche Fisch. Dagegen werden folgende jetzt unsichtbare Sternbilder für Berlins Parallel sichtbar werden: der Centaur, das südliche Kreuz, ein Theil der Carlseiche, der Wolf, der südliche Triangel, der Altar, die südliche Krone, der Pfau, der Indianer, der Paradiesvogel, der Toucan, der Kranich, der Phönix und der jetzt unsichtbare Theil des Eridanus. Nur wenige Sternbilder werden für Berlin stets unsichtbar bleiben, nämlich nur die, deren südliche Breite grösser als 60° ist.

Der Polarstern wird ebenfalls nicht in allen Jahrtausenden diesen Namen führen können. Erst seit Alexander des Macedoniers Zeit steht er dem Pole näher als irgend ein andrer heller Stern; noch 300 Jahre lang wird er sich dem Pole fortwährend nähern und dann nur 21 Minuten von ihm entfernt sein. Nach abermaligen 1000 Jahren wird er seinen jetzigen Namen dem Sterne γ des Cepheus abtreten müssen, der 4200 n. Chr. dem Pole am nächsten steht und $1^\circ 51'$ von ihm entfernt bleibt. Diesem folgen im Range eines Polarsterns, nach einander β und α des Cepheus, δ des Schwans, α der Leyer (nach 12000 Jahren, der prachtvollste aller möglichen Polarsterne), η des Herkules, α des Drachen, $\varkappa$ des Drachen und endlich, nach Vollendung des Cyclus, wieder unser jetziger Polarstern. Es ist hierbei vorausgesetzt, dass man Sterne, die weniger als die dritte Grösse haben, nicht zu Polarsternen wählen werde, da ein solcher so viel als möglich unter allen Umständen bequem sichtbar sein muss.

Der Thierkreis wird ebenfalls im Laufe der Zeit durch

diese Vorrückung eine andre Lage erhalten. Die Gestirne, welche jetzt in der nördlichen Hälfte desselben stehen, werden nach 12800 Jahren die südliche Hälfte desselben ausmachen. Beiläufig wird das Vorwärtsrücken nach 2130 Jahren ein Zeichen oder 30 Grade betragen; und deshalb steht jetzt der Thierkreis schon um ein volles Zeichen anders als zu den Zeiten der alten Griechen, wo man die Sternbilder fixirte. Damals stand das Bild des Widders wirklich da, wo die Sonne zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche sich befindet, und nahm die ersten 30 Grade der Ekliptik ein: es gab also noch keinen Unterschied zwischen Bild des Widders und Zeichen des Widders, wie jetzt, wo der Widder von 30° bis 60° der Länge reicht, während man das Zeichen ♈ wie sonst vom Frühlingsnachtgleichenpunkte anfängt und 30 Grade in der Ekliptik fortzählt. Jetzt steht das Bild des Widders im Zeichen des Stiers, und so fort: die Folgezeit wird diese Incongruenz fortwährend vergrössern und die Darstellungen des Thierkreises, so wie des übrigen Himmels, werden nur für eine bestimmte Zeit gelten können, da in einem andern Jahrhundert der Anfangspunkt der Theilungen bei andern Fixsternen liegt. Aus eben dem Grunde wird man aus den Globen früherer Zeiten das Jahrhundert, in welchem sie entstanden sind, bestimmen können, und wirklich hat man auf diese Weise das Alter arabischer, alexandrinischer u. a. Globen besimmt. So wird zu Rom im Farnesianischen Pallaste ein unter dem Schutt des alten Roms gefundener Globus aufbewahrt, auf welchem der Colur der Frühlingsnachtgleiche gerade durch das Horn des Widders geht, und dessen Alter folglich gegen 2000 Jahre sein muss. *Bode* hat ihn in seinen 1780 erschienenen Himmelskarten in zwei Planisphären mitgetheilt. Der Thierkreis von *Denderah* in Egypten, der eine Zeitlang ausserordentliches Aufsehen machte, verdankte dies dem hohen Alter, welches man aus der Stellung seiner Sternbilder herleiten wollte, und welches man auf 15 Jahrtausende setzte. Jedoch hat er keine Gradtheilung, noch etwas deren Stelle Ersetzendes; man schloss dies hohe Alter aus gewissen Charakteren, welche die Solstitien zu bezeichnen schienen: es ist also leicht möglich, dass er viel neueren Ursprungs sei.

Indess muss man bei solchen Schlüssen nie vergessen, dass sie stets *nur* beiläufig gelten können; und den genauen Standpunkt eines Sterns nach Jahrtausenden zu bestimmen, müsste man seine eigne Bewegung, die Veränderung in der

Schiefe der Ekliptik und manche andre Data sehr genau kennen, da Fehler dieser Art der Zeit nahe proportional wachsen. Ein Fehler von 0″,05 in der eignen jährlichen Bewegung bewirkt nach 6000 Jahren einen Fehler von 5 Minuten im Orte des Sterns.

Ueber veränderliche Sterne.

§. 190.

Unter der grossen Anzahl der Fixsterne giebt es verhältnissmässig nur wenige, welche einen veränderlichen Glanz wahrnehmen lassen, wenn man, wie sich von selbst versteht, diejenigen Veränderungen ausschliesst, welche ihren Grund in der verschiedenen Tages- und Jahreszeit, so wie der ungleichen Durchsichtigkeit der Atmosphäre und der veränderlichen Höhe des Gestirns haben. Bei einigen hat man kürzere oder längere Perioden der Veränderlichkeit erkannt; andre hingegen haben erst im Laufe mehrerer Jahrzehende oder Jahrhunderte eine allmälige Ab- oder Zunahme erlitten, oder sie ist auch plötzlicher, jedoch — so viel bekannt — nur einmal erfolgt, daher über die etwanige Periodicität noch nichts feststeht. Endlich sind einige wenige neu erschienen oder auch verschwunden: dieser letztere Fall scheint der allerseltenste zu sein.

Hierher gehörende Beobachtungen finden sich zwar bei vielen Astronomen, doch meist nur gelegentlich und als zerstreute Notizen; nur wenige haben diesem Gegenstande eine besondre Aufmerksamkeit gewidmet. Unter letzteren verdienen *Goodricke*, *Pigott*, *Herschel*, *Harding*, *Koch*, *Westphal* und neuerdings *Bianchi* besonders genannt zu werden. Allein noch ist sehr Vieles zu thun übrig und der Gegenstand kann Liebhabern der Sternkunde um so mehr empfohlen werden, als die hierher gehörenden Beobachtungen fast nur die leicht zu erlangende Kenntniss des Fixsternhimmels, sonst aber weder stark vergrössender Instrumente und künstlicher Messaparate, noch auch einer besonders genauen Zeitbestimmung bedürfen. Beharrlichkeit und ein scharfes Auge sind die hauptsächlichsten Requisite.

Es mag hier zunächst eine Zusammenstellung derjenigen periodisch veränderlichen Sterne folgen, über welche die bisherigen Beobachtungen zu einigen bestimmteren Resultaten geführt haben.

Nr.	Name.	AR 1820.	Decl. 1820.	Periode.	Epoche des grössten Lichtes.	Grösstes Licht.	Kleinstes Licht.	Entdecker.
1.	*o* Ceti.	33° 34′	− 3° 48′	336,ᵗ	1818. Jan. 28.	2. 3. 4.	10, 5	*Fabricius* 1596.
2.	*β* Persei.	44 7	+40 15	2, 86734	1800. Jan. 2. 18ʰ	2.	3, 5	*Goodricke* 1783.
3.	Leonis.	144 28	+12 15	311, 4	1818. Febr. 11.	5. 6.	—	*Koch* 1780.
4.	Virginis.	187 20	+ 7 59	145, 9	1809. Mai 11.	5,5. 6,5	—	*Harding* 1809.
5.	*γ* Hydrae.	199 58	−22 21	494, 065	1785. Mai 27.	3. 4.	—	*Montanari* 1672.
6.	Serpentis.	218 4	+15 3	353		7.	—	
7.	Coronae.	235 17	+28 43	(323)		6, 5	—	*Pigott* 1782.
8.	Serpentis.	235 22	+15 45	340		5.	—	
9.	*α* Herculis.	256 36	+14 36	60, 5	1818. Juni 2.	3.	3, 5	*Herschel* 1795.
10.	1 Scut. Sobiesk.	279 28	− 5 53	60, 56	1818. Juli 30.	5,6. 6.	6. 6,5 (8,5)	*Pigott* 1795.
11.	*β* Lyrae.	280 52	+33 10	6, 4401	1817. Juni 17.	3.	5.	*Goodricke* 1784.
12.	*η* Antinoi.	295 49	+ 0 33	7, 17604	1800. Jan. 4. 12ʰ	4.	5.	*Pigott* 1785.
13.	*χ* Cygni.	295 54	+32 27	406, 1586	1818. Jan. 4.	4. 5. 6.	—	*Kirch* 1686.
14.	*δ* Cephei.	335 37	+57 30	5, 3646	1818. Aug. 27. 9ʰ	3, 5.	4,5	*Goodricke* 1784.
15.	Aquarii.	353 37	−16 17	382, 5		6, 5.	—	*Harding* 1811.

Bemerkungen.

§. 191.

1) Am 13. August 1596 fand *David Fabricius*, Prediger zu Ostell in Ostfriesland, diesen Stern 3ter Grösse, und konnte ihn hernach nicht wiederfinden. Da noch gar kein Beispiel periodisch veränderlicher Sterne bekannt war, so hielt er den Stern für wirklich verschwunden. Erst *Holwarda* in Franecker sah ihn 1638 wieder und bemerkte seine Veränderlichkeit. Er ist seit 1660 fleissig beobachtet worden und seine Periode ist besser bekannt als bei den meisten übrigen. In seinem Maximo hat er nicht jedesmal gleiche Helligkeit, gewöhnlich erreicht er die 2te oder 3te, einigemale nur die 4te Grösse, auch selbst von der 1sten wollen ihn einige beobachtet haben. Sein Licht ist stark röthlich, und *Struve* konnte die rothe Farbe selbst dann noch erkennen, wenn er im schwächsten Lichte, und gewöhnlichen Ferngläsern bereits verschwunden war. Ein schwacher Begleiter steht neben ihm, zeigt aber weder Veränderlichkeit noch eine besondere Farbe. Merkwürdig ist noch der Umstand, dass er nur 40 Tage braucht, um von der 6. Grösse (wo er scharfen Augen sichtbar zu werden anfängt) bis zum Maximo zu wachsen, 66 hingegen, um wieder bis zur 6ten abzunehmen. Die übrigen Tage ist er ein blos teleskopischer Stern. Er heisst sonst auch Mira Ceti.

Da seine Periode vom Erdjahre nicht sehr verschieden ist, so kann er einige Jahre nach einander dem blossen Auge unsichtbar bleiben: denn vom April bis Juli ist er der Nähe der Sonne wegen unsichtbar; fällt also sein Maximum in diese Zeit (was 3 — 4 Jahre nach einander geschieht, so kann er, wenn er wieder Nachts über dem Horizonte steht, nur mit Fernröhren aufgefunden werden.

Bianchi in Mailand hat in neuester Zeit Beobachtungen über diesen Stern angestellt und gefunden, dass er um die Zeit seines schwächsten Lichtes dem kleinen $2\frac{1}{4}'$ östlich von ihm abstehenden Begleiter, der nahe die 11te Grösse hat, an Glanz gleich ist.

2) Auch Algol genannt; der helle Stern am Kopfe der Medusa. Von allen andern veränderlichen Sternen unterscheidet er sich dadurch, dass er fast die ganze Periode hindurch im ungeschwächten Glanze leuchtet und nur 8 Stunden lang eine Verdunkelung erfährt. Die Abnahme währt 4 Stunden,

das kleinste Licht etwa 18 Minuten und die Zunahme abermals nahe 4 Stunden. Seine Periode hat *Wurm* aus zahlreichen Beobachtungen genau bestimmt: sie scheint selbst in den Sekunden noch verbürgt werden zu können und beträgt 2 Tage 20 St. 48′ 57″,9, so dass er jährlich 127 Perioden durchmacht. Da er auch im kleinsten Lichte dem blossen Auge deutlich sichtbar bleibt so ist er sehr bequem zu beobachten.

3) Nach *Westphals* Beobachtungen währt es 30 Tage, dass er von der 7. Grösse bis zum Maximo zunimmt; die entsprechende Abnahme erfordert dagegen 48 Tage. Im kleinsten Lichte verschwindet er.

4) Fast immer nur teleskopisch; 39 Tage vor dem Maximo hat er die 10te, 36 T. vorher die 9te, 23 T. vorher die 8. Grösse; bei der Abnahme sind diese Zeiten resp. 27, 38, 42 Tage. Die übrigen 65 Tage ist er kleiner als die 10. Grösse und verschwindet um die Zeit des Minimi gänzlich.

5) *Montanari* entdeckte die Veränderlichkeit, indem er den Stern merklich heller fand als *Hevel* ihn 10 Jahre früher gefunden hatte. Dem blossen Auge wird er 43 Tage vor dem Maximo sichtbar, verschwindet ihm aber erst 83 Tage nach demselben, im Minimo scheint er ganz zu verschwinden.

7) Dieser Stern hat aufgehört, veränderlich zu sein. Im Mai 1817 hatte ihn *Harding* noch in der Grösse 8,5 gesehen; seit dem Juni 1817 aber konnten *Westphal* und *Harding* keine weitere Veränderung wahrnehmen. Sein Verschwinden war 1795 zuerst wahrgenommen worden; eine schwache Spur der Veränderlichkeit hatte indess *Pigott* schon 1782 bemerkt.

9) Die Veränderlichkeit dieses rothen Sterns ist nur gering. Vom Minimo bis zum Maximo verfliessen 22, und während der Abnahme 39 Tage. Sein blauer Begleiter ist ebenfalls veränderlich von der 7. bis zur 5. Grösse.

10) Ein schwer zu beobachtender Stern, in dessen Lichtveränderung Unregelmässigkeiten vorkommen. *Pigott* fand das Minimum einigemale bis 8,5, doch auch heller von 6,5 oder 7. Gegenwärtig geht er nie unter 6,5 herab, so dass er nur bei sorgfältigen Vergleichungen als veränderlich erkannt wird. Nach *Pigott* währt die Zunahme 19, die Abnahme hingegen 42 Tage.

11) Bei diesem Sterne stimmen die Beobachtungen des kleinsten Lichts besser mit der mittlern Periode überein als die des grössten: auch ist die Zeit der Zunahme der der Abnahme so nahe gleich (3 T. 3 St. und 3 T. 7 Stunden), dass

auf den Unterschied wenig zu bauen ist. Die Beobachtungen werden am besten mit freiem Auge angestellt.

12) Eine gut bestimmte Periode. *Wurm* und *Westphal* finden sie 7 Tage 4 St. 13′ 30″. Theilt man die Erscheinungen nach 4 Phasen: kleinstes Licht, mittleres im Zu nehmen, grösstes, mittleres im Abnehmen, so findet sich, dass er von der 3ten zur 4ten Phase 80 Stunden gebraucht, während jeder der übrigen 3 Zeiträume etwa 31 St. beträgt.

13) Bei diesem Sterne, der ohne erhebliche Lücken seit 1687 beobachtet worden ist, zeigen die Beobachtungen des grössten Lichtes, mit der mittleren Periode verglichen, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts herum Abweichungen, die fast auf 40 Tage gehen. Dadurch ist *Olbers* veranlasst worden, eine Verlangsamerung der Periode anzunehmen, wodurch er eine weit bessere Uebereinstimmung erreichte, indem er für 14 Beobachtungen die Summe der Fehlerquadrate von 6438 auf 1894 vermindern konnte. Nach *Olbers* ist die Periode, wenn man die Zahl der seit 1687 vom 28. November um 1½ Uhr Nachmittags abgelaufenen Perioden durch n bezeichnet:

$$404{,}^t758 + 0{,}^t0228908\,n;$$

wonach sie seit 1687 bis jetzt (1840) um etwa 73 Stunden zugenommen hätte. — Indess ist eine mit der Zeit fortschreitende, also unendlich wachsende, Periode sehr unwahrscheinlich; eher ist anzunehmen, dass die Zu- und Abnahme der Periode selbst wieder eine vielleicht sehr grosse Periode hat, oder dass einzelne störungsartige Ungleichheiten darin vorkommen; jedenfalls verdient die Sache eine genaue Untersuchung. — *Olbers* fand auch, dass die Zunahme von der 9. Grösse bis zum Maximo 39 Tage, die entsprechende Abnahme 73 Tage dauert.

14) Die Periode dieses bequem zu beobachtenden Sterns scheint abzunehmen. Sie folgt aus *Goodricke's* Beobachtungen im J. 1784 5 T. $8^h\,49'\,55''$; aus *Westphals* im J. 1817 hingegen 5 T. $8^h\,41'\,17''$; und wenn man beide verbindet, 5 T. 8 St. 45′ 2″. Allein es ist leicht möglich dass auch hier partielle Ungleichheiten vorkommen. Auch der Gang des Lichtwechsels scheint veränderlich. Der erstgenannte Beobachter findet die Dauer der Zunahme von der 4. Grösse an 14½ Stunde, die entsprechende Abnahme 42 Stunden; der letztere findet dafür 16 und 26½ Stunde. Ferner nimmt er, nach *Westphal*, von der 4. Grösse bis zum Mininum 67 Stunden lang ab, und umgekehrt 19¼ Stunde zu.

Bei den meisten dieser Sterne ist also die Veränderlichkeit selbst wieder veränderlich. Die Periode selbst, der Gang der Ab- und Zunahme, der Glanz im Maximo und Minimo bleiben sich nicht durchaus gleich; bei einem scheint die Veränderlichkeit ganz aufgehört zu haben. Merkwürdig aber ist der Umstand, dass bei den meisten die Zunahme schneller als die Abnahme erfolgt (das Gegentheil kommt bei keinem vor), und dass, *Algol* ausgenommen, alle veränderlichen Sterne in ihrem Minimo, oder diesem nahe, längere Zeit verweilen als im Maximo.

Bei noch folgenden Sternen ist eine Veränderlichkeit zwar gewiss (oder doch höchst wahrscheinlich); es fehlt aber noch an Beobachtungen, die Periode zu bestimmen. Sie sind aus den Beobachtungen *Herschels* (um 1795) und *Westphal's* (um 1819) genommen, in welchem Zeitraum folgende Veränderungen statt fanden:

4 Canis minoris ist etwas heller geworden.

10 Canis minoris desgleichen.

14 Orionis war sonst dunkler als 6; jetzt ist es umgekehrt.

18 und 25 Orionis haben abgenommen, besonders der letztere; vielleicht auch 112 Tauri und 70 Orionis.

22 Orionis hat etwas und 50 Orionis merklich zugenommen.

Die folgenden Doppelsterne sind von *Struve* veränderlich erkannt, grösstentheils durch Vergleichung mit ihrem Begleiter:

ε Arietis. *Harding* setzt ihn = 4. Grösse, *Piazzi* und *Bode* = 5. *Struve* fand ihn, eben so wie seinen Begleiter, abwechselnd zwischen 4,5 und 6,5 bis 7.

γ Virginis. Siehe den Abschnitt über Doppelsterne.

191 Virginis. Die beiden Sterne sind bald gleich, bald um ½ Grösse verschieden beobachtet worden.

ζ Bootis. Der Hauptstern wechselt zwischen 3. und 4. Grösse.

1 Coronae. Im J. 1828 fand *Struve* beide gleich, 6. Grösse; 5 J. später waren sie 5,5 und 6,5.

17 Cancri. Diese beiden Sterne notirte *Struve* folgendermaassen:

1821	Febr. 14.		6.	8
	—	12.	6,5	8.
	März	18.	8.	9.
1823	Jan.	19.	8.	9,5

1827	April	6,5	7.
1832	—	6,5	7,5

44 Bootis. *Herschel* der Vater fand den südlichen Stern grösser. Auch *Struve* fand 1819 diesen (der inzwischen durch Bahnbewegung der nördliche geworden war) noch um 1,5 bis 2. grösser als den andern, doch 1822 und in den folgenden Jahren immer nur um 1 und jetzt nur um 0,5; ja *Argelander* schätzte 1830 beide Sterne gleich. Wahrscheinlich ist der Begleiter heller geworden.

π Arietis. *Struve* hat folgende Beobachtungen:

1829	Novbr.	4.	9.
1831	Febr.	4,5	9.
1832	Octbr.	5.	7,5
1832	Novbr.	6.	8.
1834	Decbr.	5.	8,5

38 Geminorum. Der Hauptstern ist zwischen 4. und 6. veränderlich; der Begleiter scheint constant.

Anonyma $20^h\,34'$ und $+\,12^\circ\,6'$. Zwei nahe gleiche Sterne, von denen bald der eine, bald der andre heller ist.

ι Cancri. Der Hauptstern ist 4 oder 4,5 und scheint constant, der Begleiter aber ist von 5,5 bis 7 veränderlich.

Mehrere andre, die man in den Mensuris micrometricis des genannten Astronomen als veränderlich aufgeführt findet, sind hier übergangen, da sie theils sehr klein, theils nur muthmaasslich veränderlich sind.

Durch Vergleichung der ältern Charten und Angaben (aus dem 16. und 17. Jahrhundert) mit den gegenwärtigen Beobachtungen ergeben sich mehrere Unterschiede, von denen die folgenden die wichtigsten und am besten constatirten sind:

α Hydrae (Alphard) war sonst 1. Grösse, jetzt kaum von der 2ten, etwa 2,5.

α Aquilae (Atair) wird von den Alten mit 2. Grösse angesetzt; jetzt ist er augenscheinlich 1. Grösse.

α Geminorum (Castor) war sonst heller als β (Pollux), jetzt ist es umgekehrt.

β Leonis (Denebola) findet sich mit 1. Grösse bezeichnet, jetzt gehört er nur zur zweiten.

§. 192.

Endlich gehören hierher einige plötzlich erschienene oder heller gewordene, und meist wieder verschwundene Sterne. Doch nur wenige dieser Beobachtungen sind in einer zuverlässigen Gestalt auf uns gekommen, und namentlich müssen

alle vor *Tycho's* Zeiten angeführte zu den gänzlich unsichern gerechnet werden. So bleiben nur folgende, als sicher constatirt, übrig.

Im J. 1572 sah *Tycho* in der Cassiopeja unter 3° 20′ AR. und + 62° 55′ Decl. eines Abends plötzlich einen überaus hellen Stern aufleuchten. Er hatte einen Zusammenlauf des erstaunten Volks erregt, und *Tycho* ward durch diesen erst auf den Stern aufmerksam gemacht. Er übertraf in der ersten Zeit seiner Sichtbarkeit alle Sterne und selbst Venus an Glanz, und ward bei Tage bequem gesehen, so wie Nachts durch mässige Wolken. Im folgenden Jahre nahm sein Glanz allmälig ab und 1574 verlor er sich ganz; die später entdeckten Ferngläser, selbst die kräftigsten der neuern Zeit, haben ihn ebenfalls nicht wiedergefunden. Sonderbar ist es allerdings, dass (nach weniger verbürgten Nachrichten) 1260 und 945 in derselben Gegend ein neuer Stern erschienen und wieder verschwunden sein soll; die Zwischenräume von 315 und 312 Jahren sind einander ähnlich genug, um etwas Periodisches vermuthen zu lassen.

Im J. 1600 sah *Kepler* im Schwan 302° 34′ AR und + 37° 21′ einen neuen Stern, der die 1. Grösse zeigte. Nachdem er ihn 19 Jahre lang beobachtet, und keine eigne Bewegung an ihm wahrgenommen hatte, nahm er ab und verschwand 1621. *Cassini* sah ihn 1655 wieder zur 3. Grösse gelangen; *Hevel* sah ihn 1665 ebenfalls wieder. Späterhin fand man ihn wieder als Stern sechster Grösse und so wird er noch jetzt gesehen.

Im J. 1604 sah *Kepler* am Fuss des Ophiuchus in 259° 24′ AR und — 21° 15′ Decl. einen neuen Stern, heller als die Sterne erster Grösse, der aber im J. 1605 spurlos verschwand und auch später nicht wieder gesehen worden ist.

Im J. 1670 entdeckte *Anthelm* am Kopfe des Fuchses in 294° 27′ AR und + 26° 47′ Decl. einen neuen Stern dritter Grösse. *Anthelm* und *Hevel* beobachteten ihn vom Juni bis August, wo er verschwand. März 1671 zeigte er sich wieder, aber nur 4. Grösse, und im folgenden März von der 6 Grösse. Seitdem ist er nicht wieder gesehen worden.

Im J. 1837 am 15. December sah *John Herschel*, der sich damals am Cap der guten Hoffnung zur Untersuchung des südlichen Himmels aufhielt, den Stern η Argo, den alle frühern Beobachter und *Herschel* selbst noch im Novbr. 1837 als Stern 2. Grösse und ohne eine Spur von Veränderlichkeit

beobachtet hatten, unerwartet als Stern erster Grösse. Bis zur Mitte des Januar nahm er an Glanz beständig zu, so dass er um diese Zeit α Centauri gleich kam und Arcturus übertraf. Bald darauf nahm er wieder ab.

§. 193.

Wir haben im Bisherigen die verschiedenartigen Phänomene, welche man Veränderungen an den Fixsternen selbst zuzuschreiben genöthigt ist, betrachtet; es fragt sich nun, ob und welche Ursachen dieser Veränderungen sich angeben lassen. Was die periodisch veränderlichen Sterne betrifft, so bieten sich zwei Erklärungen dar, für welche unser Sonnensystem Analogien an die Hand giebt: eine Rotationsbewegung und die Umdrehung eines dunklen (planetarischen) Körpers um den hellern. Im ersten Falle muss man sich vorstellen, dass der Fixstern nur mit einer Seite, vielleicht nur um einen Punkt seiner Oberfläche herum, stark leuchte, während die übrigen Theile einen schwachen, oder bei verschwindenden Sternen vielleicht auch gar keinen Glanz haben. Wo die Veränderlichkeit nur gering ist, kann man auch annehmen, dass die eine Seite blos mit zahlreicheren Flecken besetzt sei als die andre. Sind diese Flecken gleich denen unsrer Sonne veränderlich, so kommt nur eine schwankende oder auch gar keine bestimmte Periode der Veränderlichkeit heraus und das Maximum oder Minimum ist nicht jedesmal dasselbe: eine genau innegehaltene Periode deutet hingegen auf constante Flecke. — Bei der zweiten Erklärung muss man annehmen, dass der umlaufende Körper sich in einer Ebene bewege, welche ganz oder nahezu durch das Sonnensystem geht, und dass seine Grösse, mit der des Hauptkörpers verglichen, beträchtlich sei. Dem Gesetze der Schwere wäre es sogar nicht entgegen, wenn das Volumen des umlaufenden Körpers grösser als dass des centralen wäre, da ja seine Masse dennoch kleiner sein könnte oder auch wenn der selbstleuchtende Körper um einen grössern dunklen liefe. Es wäre dies nichts weiter als die vierte mögliche Combination zu den drei notorisch vorhandenen: dunkle Körper um dunkle, dunkle um leuchtende, leuchtende um leuchtende. — Eine dritte Erklärung setzt eine sehr platte, linsenförmige Gestalt des Fixsterns voraus, und lässt ihn so rotiren, dass er uns wechselsweise die Kante und die breite Fläche der Linse zukehrt.

Die erstere Annahme dürfte bei den meisten periodisch veränderlichen Sternen die angemessenste sein. Sie erläutert

allerdings nicht Alles; so bleibt der Umstand, dass die Zunahme des Lichts oft beträchtlich schneller als die entsprechende Abnahme geschieht, unerörtert, obwohl er der angenommenen Erklärung wenigstens nicht widerspricht. Die zweite scheint bei *Algol* der Wahrheit am nächsten zu kommen; ist sie die richtige, so beobachten wir alle 69 Stunden eine *Algols*finsterniss, bewirkt durch einen dunklen Körper, der etwa 8 Stunden gebraucht, um in seiner Bahn eine Strecke zurückzulegen, welche der Summe seines eignen und des *Algol*-Durchmessers gleich ist. Die dritte hat zu viel gegen sich. Körper, welche eine den Gravitationsgesetzen entsprechende Rotationsbewegung haben, drehen sich stets um ihre kleinste Axe, sie können also in Folge dieser Bewegung keine Verschiedenheit der perspectivischen Projection zeigen, oder man müsste sie zu Ellipsoiden machen, in denen nur die kleinsten Parallelen und Meridiane Kreise, alle übrigen sehr lange und schmale Ellipsen wären, und auch so noch würde die lange Dauer des kleinsten Lichts, verglichen mit der viel kürzeren des grössten, der Annahme entgegen sein.

Indess sind die Erscheinungen wohl zu mannichfaltig und verschiedenartig, um ihnen durch eine und dieselbe Erklärungsweise genügen zu können: namentlich aber sind es die plötzlich aufleuchtenden und bald wieder verschwindenden sogenannten neuen Sterne, die den Theoretiker in Verlegenheit setzen. Schwer nur würde man sich entschliessen, nach der im 16. Jahrhundert herrschenden Meinung in dem neuen Stern von 1572 eine in allgemeinem Feuer untergehende Welt zu erblicken, sondern eher geneigt sein, die ähnlichen Erscheinungen von 945 und 1260 als faktisch anzunehmen und in dieser periodischen Wiederkehr eine dort stattfindende Ordnung der Dinge zu suchen. Warum sollten auch alle Systeme nach dem Muster unsers Sonnensystems geformt sein, und warum sollten die Fixsterne, unter sich und mit der Sonne verglichen, eine geringere Verschiedenheit zeigen als z. B. die Planeten Ceres und Saturn?

Welche Ursachen aber auch immer den oben angeführten Phänomenen zum Grunde liegen mögen: ihre Wirkung muss jedenfalls eine gewaltige, ungewöhnlich grosse und ausgedehnte sein. Wenn Körper, die trotz ihrer wahrscheinlich höchst ansehnlichen Massen und Durchmesser unsern stärksten Vergrösserungen sich stets nur als Punkte zeigen, ihren Glanz dergestalt verändern wie Mira Ceti oder γ Hydrae, so sieht

man leicht, dass nur die ungeheuerste Umwälzung solche Wechsel hervorzubringen vermag. Es können diese uns unbekannten Ursachen bei vielen, ja den meisten Sternen vorhanden und wirksam, aber uns verborgen sein: nur bei den wenigen, wo sie in ganz ausgezeichneter Stärke, in den schroffsten Gegensätzen auftreten, ahnt der Erdbewohner ihr Dasein. Unsre Sonne würde Etwas der Art für grosse Fernen erst dann wahrnehmen lassen, wenn etwa eine ihrer Seiten mit 15—20 mal so viel Flecken, als sie bei der grössten Frequenz zu zeigen pflegt, versehen, die andre aber fleckenfrei wäre. — Die Land- und Wasserhalbkugel der Erde mag für entfernte Beschauer etwas Aehnliches darbieten.

Noch könnte man geneigt sein, die an Castor, *α* Hydrae und andern oben angeführten Sternen bemerkten sehr langsamen Veränderungen, einer wachsenden oder abnehmenden Distanz von unsrer Sonne, in Folge eigner Bewegungen, zuzuschreiben. Allein eine nähere Prüfung zeigt uns, dass selbst die stärksten der bekannten eignen Fixsternbewegungen erst nach Jahrtausenden einen oder einige Grade betragen*), und es ist daher nicht anzunehmen, dass die genannten Sterne eine uns unbekannte Bewegung (es könnte nur eine solche sein die ganz in die Richtung unsrer Gesichtslinie fiele) haben sollten, welche so bedeutende Stellungsveränderungen bewirkte. Erst nach einer sehr grossen Zahl von Jahrtausenden könnte Etwas der Art sich zeigen, selbst wenn man sich die günstigsten der hier möglichen oder wahrscheinlichen Fälle denkt. Die Fixsternwelt im Allgemeinen ist kein Schauplatz grosser und schneller Veränderungen, und es wird eine geraume Zeit verfliessen, ehe die Beobachtung uns hinreichende Data geliefert hat, um eine Theorie dieser Veränderungen versuchen zu können. Soll überhaupt dies jemals gehofft werden, so müssen noch manche höchst wesentliche Mängel der jetzigen Beobachtungsmethode, die in Bezug auf Helligkeitsbestimmungen nur eine Schätzungsmethode ist, eintreten, wozu die neuesten Fortschritte der Photometrie allerdings Aussicht eröffnen.

*) 61 Cygni, der unter allen die stärkste eigne Bewegung hat, rückt gegenwärtig in 700 Jahren einen Grad des grössten Kreises am Himmel fort. Nach 3000 Jahren werden etwa 20 Fixsterne ihren Ort am Himmel 1° oder darüber verändert haben, alle übrigen weniger und grösstentheils viel weniger. Wenn ein Stern verhältnissmässig eben so rasch, wie 61 Cygni sich bewegt, auf unsre Sonne

Die Nebelflecke und die ihnen ähnlichen Bildungen.

§. 194.

Bereits mit guten unbewaffneten Augen gewahrt man an mehreren Stellen des Himmels einen matten Schimmer, welcher die Dunkelheit des Himmelsgrundes vermindert, so wie auch Sterne, welche nicht als scharfe und bestimmte Lichtpunkte wie die meisten übrigen, sondern gleichsam verwaschen sich zeigen. Diese Wahrnehmungen aber gaben kaum eine ferne Ahnung von dem, was das bewaffnete Auge erblickt.

Die Aufmerksamkeit der Astronomen ist zwar bis jetzt — und zwar aus nahe liegenden Gründen — unter allen Objecten der Beobachtung diesen am wenigsten zugewandt gewesen, dennoch ist das, was wir darüber wissen, hinreichend, um uns einen Blick in das Universum zu eröffnen, der alle Vorstellungen von der Grösse desselben, die die bisherigen Betrachtungen uns gewährt hatten, weit hinter sich zurücklässt. Doch es handelt sich zuvörderst um die Thatsachen der Beobachtung.

Das Fernrohr zeigt uns Stellen, welche mit einem dem Schimmer der Milchstrasse ähnlichen Glanze die Dunkelheit des Himmelsgrundes unterbrechen, und die man mit dem Namen Nebelflecke bezeichnet hat. Sie kommen in allen Grössen und Formen vor, von mehreren Graden bis zu wenigen Sekunden, von der runden (zuweilen scharf kreisrunden) oder elliptischen Gestalt bis zur gänzlichen Regellosigkeit und Unförmlichkeit. Es zeigt uns ferner, dass in diesem Nebel, und oft gerade in der Mitte kleinere und grössere Sterne stehen; oder doch, dass irgend ein Theil des Nebels kernartig verdichtet ist. Oft gelingt es stärkeren Ferngläsern, das, was in schwächeren als Lichtnebel erschien, gleich der Milchstrasse ganz oder zum Theil in Sterne aufzulösen, so dass man einen dichten Sternhaufen wahrnimmt. Bei andern Nebelflecken gelingt zwar diese Auflösung nicht in dem Grade, dass man im Stande wäre, Sterne einzeln zu unterscheiden, doch aber so, dass man sich überzeugen kann, dass Ganze bestehe aus sehr vielen Sternen, ähnlich wie man in einem Haufen Sand oder Getreide in einer gewissen Entfernung nicht mehr die einzelnen Körner erkennen, gleichwohl aber noch hinreichend deutlich

direkt zurückte, so würde er 20000 Jahre brauchen, um seine Entfernung von der Sonne auf die Hälfte herabzubringen. Dadurch würde er etwa um 1 oder $1\frac{1}{2}$ Grössen zunehmen.

sehen kann, dass er aus solchen Körnern bestehe. Aber eine sehr grosse Anzahl von Nebelflecken bleiben noch übrig, bei denen nicht die geringste Annäherung zu einer Auflösung wahrgenommen werden kann. Darunter gehört z. B. der grosse in der Andromeda, der unter allen zuerst (1612 von *Simon Marius*) entdeckte, bei dem bis jetzt noch kein Fernrohr etwas andres gezeigt hat, als einen gegen die Mitte kernartig verdichteten, ovalen Nebelfleck. Zwar hat *Lamont* im Kerne hellere und dunklere Theile unterschieden, aber nicht deutlich genug um sie darzustellen.

Die gänzlich aufgelösten Nebelflecke führen nun den Namen Sternhaufen, und unter ihnen finden sich einige, in denen wir über 10000 Sterne wahrnehmen und unterscheiden können. Wiewohl sie an Helligkeit sehr verschieden sind, so gehört doch der Eall zu den seltnern, dass ein einzelner Stern vor allen andern bedeutend und gleichsam als Centralstern hervorstrahle. Dagegen ist gewöhnlich die Mitte dichter und reichlicher mit hellern Sternen besetzt als das Uebrige.

Einzelne Gegenden des Himmels sind ausgezeichnet reich an Nebelflecken und Sternhaufen; in andern scheinen sie so gut als ganz zu fehlen. Die Gegend, wo das Schild Sobiesky's, der Schütze und Scorpion zusammenstossen, die Jungfrau, Andromeda und Orion, sind sehr reich an Nebelflecken, und unter ihnen befinden sich die grössten und hellsten.

Nach *Simon Marius* haben sich *Huygens*, *Kirch*, *le Gentil*, *la Caille* und besonders *Messier* um die Beobachtung und Beschreibung der Nebelflecke verdient gemacht; der letztere lieferte ein Verzeichniss von 101 Nebelflecken und Sternhaufen, die er nach AR. und Decl. bestimmte und im Allgemeinen beschrieb. Er bediente sich zu seinen Beobachtungen indess nur eines $3\frac{1}{2}$ füssigen Dollond, weshalb seine mit grosser Sorgfalt und Beharrlichkeit durchgeführte Arbeit durch *William Herschel's* bald darauf folgende weit übertroffen, ja entbehrlich gemacht wurde.

Herschel wandte die mächtigen, allen gleichzeitigen an optischer Kraft ohne allen Vergleich überlegenen Fernröhre, die er durch *Georg III.* Freigebigkeit zu verfertigen und aufzustellen in den Stand gesetzt war, vorzugsweise zur Untersuchung der Doppelsterne und Nebelflecke an, von denen er nach einander in den Jahren 1786, 1789 und 1802 drei Verzeichnisse lieferte. Er unterscheidet 8 verschiedne Klassen, und führt in

diesen als (mit sehr geringen Ausnahmen) von ihm selbst entdeckt auf:

288	glänzende Nebelflecke
907	schwache „
978	sehr schwache „
78	planetarische „
52	sehr grosse „
42	sehr gedrängte und reiche Sternhaufen
67	dichte Sternhaufen
88	grob zerstreute Sternhaufen.
2500	Objekte, nämlich 2303 Nebelflecke und 197 Sternhaufen.

Er bestimmt ihre Rectascensions- und Deklinations-Unterschiede gegen benachbarte Sterne und giebt auch von jedem eine allgemeine Beschreibung, jedoch von den meisten nur so viel als zur sicheren Wiedererkennung nöthig ist. Diese Arbeit übertrifft nicht allein alles bis dahin, sondern selbst alles seitdem in diesem Felde Geleistete; sie gewährte ihrem Urheber das Material, worauf er seine grossartigen Ansichten über den Bau des Himmels gründete, die ihm, wie Vieles auch spätere Zeiten davon modifiziren und selbst wesentlich verändern mögen, die Bewunderung aller Jahrhunderte sichern werden. Um wie Vieles müsste unsre Kenntniss des Weltgebäudes seitdem fortgerückt sein, wenn man unablässig in *Herschel's* Geiste, und mit den vervollkommten Hülfsmitteln unsrer Tage, fortgearbeitet hätte — wenn nicht ein Menschenalter hindurch verwüstende Kriege die Aufmerksamkeit wie die Kräfte der Nationen und ihrer Lenker in Anspruch genommen hätten! — Erst der Erbe seines Namens trat in seine Fusstapfen und gewährt unserm Jahrhundert ein Beispiel, wie die Weltgeschichte sehr wenige aufzuweisen hat — ein grosser Vater, geistig fortlebend in einem noch grösseren Sohne! — Wir werden binnen Kurzem die Resultate der Durchmusterung des südlichen Himmels, welche *John Herschel* im Frühjahr 1834 begann und 1838 beendete, erhalten. Dadurch wird die von seinem Vater gegebene Grundlage, die uns bisher grösstentheils nur den nördlichen Himmel kennen lehrte, auf das ganze Himmelsgewölbe ausgedehnt nnd vervollständigt.

Auf dieser Grundlage fortbauend hat *Lamont* vor wenigen Jahren eine Untersuchung sämmtlicher Nebelflecke mit dem 18 füssigen Fernrohr, welches die Sternwarte Bogenhausen zu einer der ersten der Welt erhebt, begonnen. Er beabsichtigt

nicht allein eine genauere Ortsbestimmung, sondern mehr noch eine ins Einzelne gehende physische Beschreibung dieser Massen zu geben. Bis jetzt besitzen wir erst wenige, aber höchst wichtige Resultate dieser Arbeit *Lamonts*.

Die acht Klassen, welche *Herschel* aufgestellt hat, sind, wie man sieht, nichts weniger als bestimmt begrenzte. Wie wäre dies auch möglich bei unsrer noch so überaus mangelhaften Kenntniss dieser räthselhaften Gebilde?

Die 1. 2. und 3. Klasse sind rein relative Unterschiede, welche dazu dienen mögen, vorläufig zu unterscheiden, welche Nebelflecke man in einem gegebenen Fernrohr zu sehen hoffen darf. Von ganz eigenthümlicher Art ist dagegen die vierte Klasse, welche *Herschel* planetarische Nebelflecke nannte. Es sind kreisförmige oder auch elliptische Scheiben von regelmässiger Gestalt und meist scharfer Begrenzung, im Durchmesser von wenigen Sekunden bis zu 3 — 4 Minuten hinauf, zuweilen ganz gleichförmig hell, zuweilen wie flockig, oder auch an einer Seite heller als an der andern; nicht selten am Rande herum heller als im Innern. Noch bei keinem dieser Flecke ist eine Auflösung in Sterne gelungen, nur einzelne schwache Sterne stehen zuweilen in ihnen, oder doch in unmittelbarer Nähe. Die meisten gehören, ihrer Grösse ungeachtet, zu den schwachen und schwer erkennbaren Gegenständen.

Als sehr grosse Nebel bezeichnet H. die, welche im Felde eines sehr stark vergrössernden Fernrohrs nicht mehr ganz übersehen werden können, also 4 — 6 Minuten an Durchmesser übertreffen, wie der Andromeda- und Orion-Nebel. Sie gehören meistens auch zu den hellern und waren schon früher bekannt, auch hatte man bereits versucht, einige derselben graphisch darzustellen. Gewöhnlich enthalten sie einzelne Sterne, was indess ganz zufällig und blos optisch sein kann, da es im Gegentheil zu verwundern wäre, wenn so grosse Flächen (einige dieser Nebel ziehen sich einen Grad und weiter fort) keine teleskopische Sterne enthalten sollen, von denen, wenn man ihre Zahl nur zu 10 Millionen setzt, durchschnittlich 240 auf jeden Quadratgrad fallen, so dass mit einem 4 — 5 Minuten im mittlern Durchmesser haltenden Nebel der Wahrscheinlichkeit nach ein teleskopischer Stern optisch verbunden sein wird. Diese sehr grossen Nebel sind übrigens meist unförmlich, und es lässt sich durchaus kein Typus ihrer Gestalt annähernd feststellen.

Die 6. 7. und 8. Klasse, oder die Sternhaufen, sind aber-

mals relative Differenzen. Zu ihnen kann man auch diejenigen Gegenden rechnen, in denen, über mehrere Grade der Rectascension und Declination hin, eine grosse Menge Sterne verbreitet sind, wie die Plejaden, Praesepe im Krebse, das Haar der Berenice, die Umgegend Arcturs und die sternreiche Partie zwischen den Stierhörnern, die man grösstentheils schon mit blossen Augen als Sternhaufen erkennt. Diese würden zur 8. Klasse, und zwar zu den am gröbsten zerstreuten gehören. Dagegen kommen in der 6. Klasse mehrere vor, wo selbst die stärksten Ferngläser noch immer ein überaus dichtes, unentwirrbares Gewimmel von Sternen zeigen.

Wir kommen zu der schwierigen Frage über die Natur dieser Massen, ihre Entfernung und Austheilung im Weltraume u. s. w. Beginnen wir von der letzten Klasse, so ist es wohl keinem Zweifel unterworfen, dass sie sämmtlich der grossen Fixsternwelt, deren äussersten Umfang die Milchstrasse bezeichnet, angehören. Es sind einzelne Anhäufungen vermöge gegenseitiger Anziehung, in einzelnen Fällen auch wohl um einen Centralstern, wie sie bei der ungeheuren Anzahl der Fixsterne schon an sich höchst wahrscheinlich sind. Vielleicht ist kein Fixstern in diesem ungeheuren Raume ganz vereinzelt und ohne alle nähere Beziehung auf eine oder mehrere andre; und ist unsre Sonne selbst ein Glied einer solchen Anhäufung, die, in gehöriger Ferne betrachtet, zu einer der 3 letzten *Herschel*schen Klassen gehören würde, so mögen die glänzendsten Sterne des Himmels grösstentheils diejenigen sein, welche derselben Ansammlung angehören. Zunächst über den Systemen, deren Centrum die einzelne Sonne ausmacht, würden hiernach die Doppelsternsysteme stehen, und über diesen die Sternhaufen, welche abermals als Theile einem höheren Ganzen, der grossen (linsenförmigen oder ringförmigen) Fixsternmasse angehören.

Indess sind einzelne dieser Sternhaufen so dicht gedrängt und dabei von so geringem Durchmesser, dass neben der obigen Erklärung gar wohl eine andere Platz finden kann. Wenn diese Haufen nicht, wie die Plejaden und die Actursbegleiter, Hunderte, sondern Tausende und Zehntausende von unterscheidbaren Sternen (und also gewiss noch eine weit grössere Anzahl ununterscheidbare) enthalten, so mögen sie eben so gut weit ausserhalb der Milchstrasse, also der ganzen zusammengehörenden und von diesem Gürtel umschlossenen Fixsternenwelt, als innerhalb derselben zu setzen sein. Sie

können gar wohl selbst solche Weltinseln sein, und aus einem Punkt in ihrem Innern betrachtet denselben Anblick darbieten als die, zu welcher wir und unsre Sonne gehören.

Was schon hier als möglich, ja als wahrscheinlich gesetzt werden muss, wird nun aber vollends in Rücksicht der gänzlich unauflösbaren Nebelflecke fast unabweisbar. Dass sie nämlich aus einer kometenartig verdünnten, nebelartigen leuchtenden Masse bestehen sollten, ist wenigstens für diejenigen unter ihnen, welche nicht planetarische oder diesen nahe kommende, sondern ganz regellos und zum Theil höchst abentheuerlich geformte Nebel sind, nach den Gesetzen der Schwere unmöglich. Sie würden sich nicht Jahrhunderte hindurch so erhalten, sondern, auch angenommen dass sie bei ihrer ersten, uns gänzlich unbekannten, Entstehung diese Formen hatten, sich durch gegenseitige Anziehung der Theile längst in eine rundliche Masse zusammengezogen haben. Ein aus vielen einzelnen, in sich abgeschlossenen und selbstständigen Massen (Sternen) bestehendes Ganze kann dagegen jede Form haben, und es ist hier eben so wenig wie z. B. beim Planetensystem unserer Sonne erforderlich, dass sie sich für eine beliebige Zeit nach einem gewissen geometrisch regelrechten Schema gruppiren. Folglich müssen wir annehmen, dass bei weitem die meisten Nebelflecke absolut genommen auflöslich, d. h. wahre Sternhaufen sind. Ihre relative Unauflöslichkeit kann daher nur Folge der ungeheuren Entfernung sein, und so sind wir genöthigt, uns in ihnen grosse Sterngruppen (Weltinseln) ausserhalb der unsrigen vorzustellen, daher es nicht verwundern kann, wenn die weit überwiegende Mehrzahl zu den schwächsten, nur in Fernröhren ersten Ranges überhaupt noch sichtbaren, Objekten des Himmels gehört.

Von den mehr regelmässig gebildeten, wenngleich nicht eben planetarisch scharf begrenzten Nebelmassen ist dagegen die Annahme zulässig, dass sie überhaupt nicht aus Sternen, sondern aus verdünnter leuchtender Masse, gleichsam Sternmaterie, bestehen und sich zu den dichteren Körpern der eigentlichen Sterne etwa so wie die Kometen zu den Planeten verhalten. Hiernach wäre es allerdings möglich, dass sie zu unserer Weltinsel gehörten und an den gegenseitigen Anziehungen derselben Theil nähmen; für die eigentlich planetarischen Nebel ist dies sogar die wahrscheinlichste Erklärung, da eine scharfe Abrundung eines aus sehr vielen weit entfernten Fixsternen bestehenden Haufens mindestens ein sonderbarer

Zufall wäre, der sich, bei der unzähligen Menge gleich möglicher Formen, wohl nicht 78 mal unter 2500 wiederholen würde.

Man hat mehrfach die Meinung geäussert, die Nebelflecke möchten der gleichsam noch ungeformte Grundstoff der Komemeten und mit diesen also von gleicher Natur sein; eine Ansicht, welche bei näherer Betrachtung sich als unhaltbar zeigt.

Die Nebelflecke, selbst angenommen, dass sie innerhalb unseres Fixsternhaufens gelegen sind, bestehen jedenfalls aus selbstleuchtender Materie, und ihre Entfernung ist nach Millionen von Sonnenweiten zu schätzen. Der Komet dagegen ist, ausser in der Erd- und Sonnennähe, so unscheinbar, dass man noch nie dahin gelangt ist, irgend einen bis über die Jupitersbahn hinaus zu verfolgen und man es sogar als seltne Ausnahme betrachten muss, wenn er in der Gegend, wo Ceres und Pallas laufen, sich unsern Fernröhren noch darstellt. Es ist ferner nicht wohl abzusehen, wie unsre Sonne im Stande sein sollte, in so ungeheuren Fernen noch durch ihre Attraktion zu wirken. Die Bewegungen werden mit dem zunehmenden Abstande, nach dem Gesetze der Schwere, immer langsamer; so durchläuft der Komet von 1680 in seinem Aphelio nur 12 Fuss in der Sekunde, und doch ist sein Abstand gegen den der Nebelflecke eine gänzlich unbedeutende Grösse. Billionen von Jahren wären erforderlich, um eine Nebelmasse oder einen Theil derselben als Komet in die Nähe der Sonne zu bringen. Ueberdiess wenn man die beiden Extreme, Nebelbelflecke und ausgebildete Kometen, wahrnimmt, warum nicht auch die Uebergänge?

Denn dass die Entfernung der Nebelflecke jedenfalls in Fixsternweiten reiche, geht aus ihrem unveränderlichen, oder doch nur sehr geringen Veränderungen unterworfenen Stande hervor, obwohl gerade hierin die Beobachtungen uns noch fast gänzlich verlassen. Zur absoluten Ortsbestimmung in Meridianfernröhren sind sie zu schwach und zu wenig bestimmt: kaum dürfte dies mit einigen der helleren planetarischen Nebel versucht werden. Es bleibt also nur die vergleichende gegen benachbarte Sterne, oder die Ablesung an den Kreisen parallactisch aufgestellter Riesenfernröhre übrig. Bis jetzt sind die Vergleichungen *Herschels* das Einzige, was wir unsern jetzigen Bestimmungen gegenüberstellen können. Indess so viel geht mit Sicherheit aus den bisherigen Daten hervor, dass grössere eigne Bewegungen als an stark bewegten Fixsternen bei den

Nebelflecken nicht statt finden, und dass eben so wenig Formveränderungen bis jetzt nachgewiesen werden konnten.

§. 195.

Die vermeinte Metamorphose der Nebelflecke in Kometen führt uns auf eine verwandte, nur freilich viel umfassendere Ansicht *Herschel's* welcher in ihnen gleichsam den Weltenstoff erblickte. Von der Formlosigkeit und unbegrenzten Ausbreitung zur bestimmteren Kreisform, von dieser weiter zur kernartigen Verdichtung einzelner Punkte, weiter zur Bildung selbstständiger Individuen (Sonnen) durch Contraction aus diesen Sternen, endlich zur Ausbildung der Planeten u. a. Sonnenbegleiter, finden nach dieser Ansicht Stufen statt, nicht blos räumlich neben-, sondern successiv nach einander. Das Universum ist sonach eine fortwährende Werkstätte von Welten und Weltenansammlungen; was jetzt noch Nebelfleck ist, wird einst als Sternhaufen glänzen, und es gab eine Vorzeit, in welcher nichts als unbegrenzte Nebelmassen vorhanden waren.

Zu Gunsten dieser Ansicht könnte man noch anführen, dass der Zustand des Himmels, den wir jetzt erblicken, nichts weniger als der gegenwärtig wirklich bestehende ist: denn wenn das Licht von α Lyrae 12 Jahre gebraucht, so wird es von einem tausendmal entfernteren Gegenstande 12000 Jahre bis zu uns gebrauchen, und ihn folglich so zeigen, wie er vor 12000 Jahren war. Wenn *Herschel* die Zeit des Lichts für den erntferntesten, durch sein Teleskop noch wahrnehmbaren Nebelfleck auf 2 Millionen Jahre schätzt, so bietet uns das, was uns diese neueste Zeit über Entfernungen in der Fixsternwelt gelehrt hat, keinen Grund seine Schätzung für übertrieben zu halten. So identificiren sich gleichsam Zeit und Raum in dem, was das leibliche Auge wahrnimmt, und wenn wir Entferntes und Nahes einander gegenüberstellen, so müssen wir nothwendig Vergangenheit und Gegenwart in unsre Vergleichung mit aufnehmen.

Der berühmte Urheber dieser Ansicht war weit entfernt, sie in der Form eines abgeschlossenen Systems vorzutragen; er war ein viel zu gründlicher Selbstforscher, um mit den anmasslichen Weltbaumeistern, die besonders in den letzten Decennien (am meisten in kleinen Städten) so zahlreich aufgestanden sind und deren jeder einzelne sich hoch über *Newton* stellt, das Allermindeste gemein zu haben. Auch hat er selbst seine Ansichten später mannichfach modificirt. Er nahm z. B. auch einen nicht leuchtenden Nebel an, der sichtbar werde, wenn ein hinter ihm stehender Fixstern durchscheine. Die

Wahrnehmung, dass so oft ein einzelner, allem Anschein nach ausgebildeter Fixstern in einem übrigens gänzlich unauflösbaren Nebelflecken stehe, führte ihn auf diese Vermuthung.

Nicht unpassend dürfte es sein, die Aeusserungen seines Sohnes über diesen Gegenstand zu vernehmen:

„Die Natur der Nebel kann uns offenbar niemals näher bekannt werden als sie gegenwärtig ist, ausser auf folgende zwiefache Weise: entweder durch unmittelbare Beobachtung von Veränderungen an einem oder einigen unter ihnen, oder durch Vergleichung einer grossen Anzahl derselben, die uns in den Stand setzen wird, eine Reihe oder Reihefolge herzustellen, fortschreitend von den zweideutigsten Gegenständen bis zu denjenigen, über deren Natur kein Zweifel obwalten kann."

„Die letztere Methode ist in einer sehr ausgedehnten Weise von meinem Vater versucht worden, in seinen spätern Abhandlungen über den Bau des Himmels*) und wenn einige Glieder weniger deutlich sich bemerken lassen, als andre; so zeigt sich doch im Ganzen eine hinreichend scharf ausgedrückte Reihenfolge, eine hinreichende Vermeidung merklicher Sprünge, um wenigstens die Möglichkeit der Ansicht zu unterstützen, dass ein unmerklicher Uebergang vom Zustande der Nebel zum Zustande der Fixsterne bestehe."

Indess sind alle kosmologischen Gründe, die auf Beobachtung eines solchen Ueberganges sich stützen, dem Einwurfe ausgesetzt, dass, so unzweideutig auch eine Stufenfolge zwischen einer grossen Anzahl gleichzeitig existirender Individuen hergestellt werden möge, man dadurch noch keinen Grund erhält zu dem Glauben, dass jedes Individuum durch alle Stufen gegangen sei oder gehen könne, oder überhaupt in einem Zustande allmäligen Fortschreitens sich befinde. — Unendlich viele Stufen des animalischen Lebens giebt es vom Menschen abwärts bis zu den niedersten Ordnungen und einige Naturforscher möchten gern eine Stufenfolge einführen, die mit den einfacheren Formen anfängt und zu den zusammengesetzteren hinaufsteigt: allein so lange das Dasein eines solchen Fortschreitens nicht wahrgenommen wird, — so lange jedes erzeugte Thier durch alle Generationen die Mängel des Erzeugenden erbt, so können wir höchstens annehmen, dass ein fortschreitender Ausbildungstrieb ursprünglich bestanden und

*) Sie sind unter obigem Titel gesammelt und ins Deutsche übersetzt 1826 zu Dresden erschienen.

sich wirksam gezeigt haben könne, dass aber alles Fortschreiten im jetzigen Zustande der Natur schon längst sein Endziel erreicht habe."

Auch *Lamont* in seiner bereits angeführten Abhandlung spricht sich zu Gunsten des Stabilitätsprinzips aus: „Untersuchen wir die ältesten Quellen, woraus der Stand des Himmels sich erkennen lässt, so findet sich Alles übereinstimmend mit dem, was noch jetzt wahrzunehmen ist." — — „Wenn ich alle Umstände im Zusammenhange berücksichtige, so scheint mir mit grosser Wahrscheinlichkeit der Schluss hervorzugehen, dass das Weltgebäude, nach Beendigung einer etwa stattgehabten Bildungsperiode, schon längst in den Zustand des Gleichgewichts, des gesetzmässigen Wirkens, der Alles erhaltenden Ordnung übergegangen ist."

Allerdings wird es der Folgezeit, und wahrscheinlich einer sehr späten, überlassen bleiben müssen zwischen diesen verschiedenen Ansichten zu entscheiden. Aber schon jetzt kann man nicht umhin, sich von jenen mit geringer Anstrengung zu Stande gebrachten, auf *Herschel's* vorsichtigen und zurückhaltenden Aeusserungen fussenden, Theorien einer unaufhörlichen, ziellosen Metamorphose abzuwenden, und einzugestehen, dass noch keine einzige feste geschichtliche Thatsache sich zu Gunsten der oben dargelegten Ansichten ausspreche.

Ueberraschend aber ist die Erweiterung des geistigen Blickes, den diese Weltenmassen uns gewähren. Was uns schon eine Unendlichkeit schien, ist immer wieder nur ein einzelnes Glied eines höheren, umfassenderen Organismus. In welchen Progressionen geht es fort, und wo ist das Ende, wenn überhaupt die immer höher aufsteigende Reihe ein Ziel und Ende hat? Welche gegenseitige Beziehungen sind es, die diese ungeheuren Weltinseln, deren jede einzelne Millionen von Sonnen umfasst, untereinander verbinden? Ist zuletzt Alles, wie weit es auch reiche, an ein allgemeines Centrum geknüpft, und ist etwa hier — wie *Bode* in frommer Begeisterung sich ausdrückt — ein näherer Sitz der über Alles waltenden Vorsehung? — Auch dem kühnsten Geiste unter den Erdbewohnern schwindelt, wenn er diese Fragen auch nur zu denken wagt — er fühlt dass es in keiner irdischen Sprache Worte geben könne, die einem solchen Gegenstande angemessen wären: er giebt es auf, selbst mit dem Maassstabe des Lichtstrahls in der Hand, sich Räume und Zeiten vorstellen zu wollen, die seinen Zahl-

systemen zu spotten scheinen, und bekennt, dass er hier an der Grenze seines Wissens stehe.

§. 196.

Verzeichniss einiger der merkwürdigsten Nebelflecken und Sternhaufen.

Nebelfleck der Andromeda.

Simon Marius fand ihn 1612 und vergleicht ihn mit einem Kerzenlicht, das durch einen halbdurchsichtigen Körper betrachtet wird. Diese Beschreibung passt noch jetzt auf ihn. Den kernartigen mittlern Theil, der 7 Sek. Durchmesser hat und gleich dem Ganzen länglicht erscheint, konnten *Marius'* schwache Ferngläser nicht zeigen. Dieser Kern ist weder gleichmässig hell, noch scharf begrenzt, aber die hellern und dunklern Abtheilungen sind zu klein und zu zahlreich, um sie zeichnen oder messen zu können. Selbst in den stärksten Vergrösserungen zeigt er nicht die geringste Spur einer Auflösung in Sterne.

Nebel des Orion.

Huygens beschreibt ihn zuerst. Er bildet eins der prachtvollsten und merkwürdigsten Objecte des Himmels, und ist am fleissigsten von den beiden *Herschel*, so wie neuerdings von *Lamont*, beobachtet worden. *Herschel* der Sohn hat in den Memoirs of the Astr. Society Vol. II. p. 487. eine sorgfältige Abbildung desselben gegeben. Der glänzendste Theil umgiebt ein Trapez von 4 ziemlich hellen Sternen, deren einer (ϑ Orionis) von 4. Grösse und also dem blossen Auge sichtbar ist. Mit starken Ferngläsern bemerkt man noch zwei sehr schwache zwischen ihnen, und alle 6 sind, wie *Struve* gezeigt hat, höchst wahrscheinlich durch gemeinsame Anziehung unter sich zu einem System verbunden. Noch stehen einige teleskopische Sterne zerstreut in dieser Nebelmasse, die im Ganzen ein flokkiges Ansehen hat, und von der einzelne Theile als längere oder kürzere Arme auslaufen, ja zum Theil wie getrennt vom Ganzen erscheinen. *Lamont* konnte die Grenze der hellen und dunklen Abtheilungen mit ziemlicher Bestimmtheit erkennen.

(1970) *Herschel.*

Ein planetarischer Nebel. Sein Licht ist nicht gleichmässig, besonders erscheint nordwestlich ein hellerer Theil; auch ist die Begrenzung nicht sehr scharf. *Lamont* vermuthet, dass er aus einer Menge von Sternen bestehe.

(2047) *Herschel.*

Ein planetarischer Nebel mit ungleichmässigem Lichte, doch sind die Abtheilungen zu klein und zu wenig kontrastirend, um gemessen werden zu können. Seine Stellung hat sich seit *Herschel* nicht geändert.

(2241) *Herschel.*

Ein planetarischer Nebel, an seiner Peripherie heller als in der Mitte. Doch zeigt sich im Norden eine Stelle, wo dieser Ueberschuss der Helligkeit nur gering ist. Eine Vergleichung der *Lamont*schen mit den *Herschel*schen Messungen scheint eine Verrücknng von 6″ in 50 Jahren anzudeuten, indess ist dies nicht völlig gewiss.

(854) *Herschel.*

Ein sehr länglicher Nebel, aus einem Kerne und zwei Armen bestehend, die in entgegengesetzter Richtung mit abnehmender Intensität des Lichts etwa 12″ jeder fortziehen. Das Ganze ist gegen 28 Sekunden lang und von dunstigem Ansehen. Sterne sind nicht darin zu unterscheiden.

(2075) *Herschel.* $20^h\,14'\,48''$ AR. + $19^0\,34'$ Decl.

Ein sehr bleicher planetarischer Nebel von 50″ Durchmesser, kreisrund und scharf begrenzt. Gegen die Mitte wird er unmerklich heller, und genau im Centro steht der punktähnliche Kern. — Es scheint dass dieser Nebel seinen Ort ziemlich schnell verändre.

(2037) *Herschel.*

Ein grosser planetarischer Nebel von schwachem Lichte, rund, gut begrenzt und südlich etwas heller. Er besteht, wie der Augenschein zeigt, aus einer unzählbaren Menge dicht gedrängter Sterne. Grade am Rande befindet sich ein mit Mühe unterscheidbarer Stern.

(2098) *Herschel.* $20^h\,54'\,53''$ AR. — $12^0\,2'$ Decl.

Ein Nebelfleck im Wassermann. Er ist elliptisch und die kleine Axe liegt in der Richtung des Meridians. Die Begrenzung bildet ein heller, nach aussen scharfer, nach innen verwaschener Ring, der nördlich breiter und glänzender als im Süden ist; das Innere erscheint durch einen matten Streifen wie in zwei Abtheilungen gesondert. Dicht am Südrande zieht sich ein schwacher schmaler Nebelstreif concentrisch etwa um den 8ten Theil des Hauptnebels herum, ohne ihn zu berühren. Die Durchmesser sind nach *Lamont* 24″,5 und 18″,3.

(2019) *Herschel.*

Ein Sternhaufen im Sobieskyschen Schilde. Nur die stärk-

sten Ferngläser zeigen die ungeheure Anzahl dichtgedrängter Sterne, deren 85 auf einem Raume stehen, welchen Venus bedecken könnte. *Lamont* hat ihn genau untersucht und die Sterne mikrometrisch gemessen.

(1622). 13ʰ 22′ 39″ AR. + 48° 4′ Decl. Im grossen Bären, dicht unter η (dem am weitesten links stehenden der 7 Hauptsterne). *Messier* entdeckte und beschreibt ihn als einen Nebelfleck ohne Sterne, den man nur schwer mit einem 3½ füssigen Fernrohr sehen kann. Er ist nach ihm doppelt, und jeder hat einen glänzenden Kern. *Herschel I.* dagegen beschreibt ihn als einen hellen runden Nebel, umgeben von einem Hof oder einer Glorie in einiger Entfernung und begleitet von einem andern Nebel. Nach *Herschel II.* theilt sich der umgebende Ring an der südwestlichen Seite in z w e i A r m e; eine höchst bemerkenswerthe Erscheinung. Man denke sich einen im nordöstlichen Quadranten dieses Nebelflecks befindlichen Planeten, so wird ein Beobachter auf diesem denselben Anblick geniessen, den uns unsre Milchstrasse gewährt.

(2060). 19ʰ 52′ 12″ AR, + 22° 16 Decl. Nördlich über γ des Fuchses und nahe bei einem Sterne fünfter Grösse stehend. „Durch ein 3½ füssiges Fernrohr sehr gut gesehen, er erscheint länglicht und enthält keinen Stern.“ So *Messier*. *Herschel I.* dagegen zeichnet ihn elliptisch, aber die Umgegend der beiden Brennpunkte der Ellipse bis zum Ende der grossen Axe hin weit schwächer als das Uebrige; auch erkannte er einzelne Sterne in demselben und betrachtet dies als einen Beweis seiner Auflösbarkeit. *Herschel II.* hält es für wahrscheinlicher, dass die Sterne blos optisch mit dem Nebel zusammenhängen, da die ganze Umgegend sehr reich an kleinen Sternen ist. Die kleine Axe der Ellipse durchschneidet den helleren Theil des Ganzen, während die grosse Axe den beiden schwächeren Kreisen gemeinschaftlich ist. Gegen die kleine Axe ist das Ganze symmetrisch und sie muss die Rotationsaxe sein, wenn eine solche statt findet und das Ganze wirklich physisch eine Nebelmasse ist.

(1486). 12ʰ 48′ 23″ AR. + 22° 37′ Decl. Im Haar der Berenice. — Ein länglichter Nebelfleck, in der Mitte mit einem kleinen länglichten Kern (vielleicht einem eng geschlossenem Doppelstern? *H. II.*) der von einer dunkeln, halbelliptischen Oeffnung zum Theil umgeben ist. *Her-*

schel I. zeigte dieses Gebilde *Sir Charles Blagden*, der es mit einem schwarzen Auge verglich.

(218). 2^h 11′ 58″ AR. + 41° 35′ Decl. Zwischen Algol und Alamak (β des Perseus und γ der Andromeda). Sehr länglicht elliptischer Nebel (die grosse Axe fast 10 mal länger als die kleine), das Innere dunkler. Ein höchst schwaches, nur in der Mitte des Gesichtsfeldes wahrnehmbares Objekt, am wahrscheinlichsten ein von der Seite gesehener Sternenring.

(2023). 18^h 47′ 13″ AR. + 32° 49′ Decl. Südlich von Wega. Dieser berühmte Sternenring ist ein ohne grosse Schwierigkeit erkennbares Object. Die Ränder haben ein verwaschenes, nebelhaftes Ansehen, etwa wie ein Stern in falscher Brennweite. Nach *Herschel II.* ist das Innere nicht gänzlich dunkel, sondern mit einem höchst schwachen Nebellicht erfüllt, was kein früherer Beobachter erwähnt. Man erkennt in ihm, wiewohl nur mit Mühe, einige feine Sternchen, und das Ganze ist nur wenig elliptisch.

(2002). 18^h 7′ 1″ AR. — 19° 55′ 30″ Decl. In einer an Nebelflecken reichen Gegend an der Grenze des Schützen und des Sobieskyschen Schildes. Ein schwacher, ovaler, planetarischer Nebel, die grosse Axe 50″. Ein schöner Doppelstern steht in (oder vor?) diesem Nebelfleck.

(311). 3^h 58′ 36″ AR. + 38° 19′ 32″ Decl. Oestlich bei ε des Perseus. Ein Stern 9. Grösse (nach *Herschel* II. Skale) umgeben von einer dünnen Nebelmasse die planetarisch abgerundet und 75″ im Durchmesser gross erscheint.

(838). 11^h 4′ 49″ AR. + 55° 56′ Decl. Im grossen Bären zwischen β und γ (den beiden untern Rädern). Eine ziemlich helle, grosse, gleichförmige Nebelmasse, eine schlecht begrenzte kreisförmige Scheibe darstellend.

(2088). 20^h 38′ 39″ AR. + 30° 6′ Decl. In der Milchstrasse, südlich von ε des Schwans. Ein höchst schwacher, fadenförmiger, gekrümmter Nebel in der Nähe des Doppelsterns k des Schwans.

(2092). 20^h 49′ 20″ AR. + 31° 3′ Decl. Nahe nordöstlich beim vorigen, und gleichfalls fadenförmig, nur noch gestreckter und länger. Die ganze Umgegend erscheint in *Herschels* Teleskop wie mit cirrus - artigen Nebelmassen angefüllt, nur ist alles dies höchst schwach. Auch kleine Sterne sind hier in grosser Menge.

(2008). $18^h 10' 45''$ AR. + $16^\circ 15'$ Decl. In einer an grösseren Sternen armen Gegend des Hercules nahe der Milchstrasse. Die Form ist die eines griechischen Ω, etwas verschoben, und von sehr ungleicher Helligkeit der einzelnen Theile. Der vorausgehende Arm ist der hellste, und diesen hat *Messier* nur wahrgenommen, wogegen *Herschel I.* das Ganze sah. Der Knoten im östlichen Theile des hellen Armes ist, wie *Herschel II.* bemerkt hat, auflösbar, und erscheint gleichsam isolirt von der übrigen Masse. Noch ein kleinerer und schwächerer Lichtknoten findet sich am Ende desselben Armes. *Herschel II.* hat zur genauern Darstellung dieses merkwürdigen Nebels zu verschiednen Zeiten mikrometrische Messungen angestellt. — *Lamont* konnte keine Sterne in dem erwähnten Knoten entdecken.

(368). $5^h 38' 2''$ AR. — $0^\circ 1'$ Decl. Oestlich von δ Orion. Man erblickt zwei Sterne 9. Grösse, $50''$ auseinanderstehend, und von einem feinschwirrenden Nebel umgeben.

(1357). $12^h 27' 53''$ AR. + $26^\circ 55'$ Decl. Jm Haar der Berenice. Ein höchst merkwürdiger Gegenstand. Wir erblikken einen langen und schmalen, in seiner Mitte etwas glänzenderen Nebelstreif, begleitet von einem schwächeren parallellaufenden und ganz ähnlich geformten. Vielleicht ist es ein Nebelring, dessen Enden da, wo die optische grosse Axe ausläuft, zu schwach sind um von uns gesehen zu werden? Oder sind es zwei an Gestalt ähnliche, an Grösse und Masse verschiedene, in irgend einem physischen Nexus stehende Nebel?

(1376). $12^h 31' 11''$ AR. — $10^\circ 40'$ Decl. im Parallel von Spica und nordöstlich von δ des Raben. Der Fall ist dem vorigen ganz ähnlich, nur ist der begleitende Nebel weniger bestimmt vom Hauptnebel getrennt.

(112). $1^h 15' 0''$ AR. + $12^\circ 1'$ Decl. Zwischen ε und η in den Fischen. Mindestens $3'$ im Durchmesser, planetarisch gerundet, doch nicht ganz regelmässig und nach der Mitte zu verdichtet. Ganz nahe dabei folgt ein Doppelstern.

(1649). $13^h 28' 53''$ AR. — $17^\circ 1'$ Decl. Südlich von Spica. Gross aber sehr schwach, von runder Gestalt, die Ränder ganz unmerklich sich verlierend. Nach der Mitte zu eine Verdichtung von etwa $\frac{1}{10}$ des gesammten Durchmessers, der $2'$ geschätzt wird.

(2051). $19^h 40' 19''$ AR + $50^\circ 6'$ Decl. Zwischen ϑ und ψ

des Schwans. Er scheint ein Uebergangsglied zwischen den planetarischen Nebeln und den Nebelsternen zu bilden. Mit jenen hat er die Intensität und verhältnissmässig scharfe Begrenzung, mit diesen den Centralstern gemein. Das Ganze hat grosse Aehnlichkeit mit dem Ansehen, was alle Sterne bei einem gewissen unruhigen Luftzustande gewähren. *Herschel* hält dafür, dass dieser und viele andre (besonders im Orion sehr häufig vorkommende) Nebelsterne ihren Grund in einer ungleichartigen Verdikkung des Weltäthers haben — also ein nicht leuchtender Nebel, der nur dadurch sichtbar wird, dass das Licht der Sterne hindurchgeht und in ihm eine Art Brechung erleidet. *Herschel II.* bemerkt indess ausdrücklich, dass er weit entfernt sei, diese muthmassliche Erklärung auf alle Objekte dieser Art verwenden zu wollen.

(355)	$5^h\,20'\,11''$ AR.	+ 34° 6′ Decl.	Im Fuhrmann, mit φ und χ ein Dreieck bildend.
(2047)	19 34 21 „	— 14 33 „	Im Schützen, westlich von α und β (den Hörnern) des Steinbocks.
(2072)	20 9 33 „	+ 30 3 „	Im Schwan, westlich bei i, zwischen den beiden Armen der Milchstrasse.
(2075)	20 14 48 „	+ 19 34 „	Im Pfeil, nordwestlich von den Sternen des Delphins.
(2098)	20 54 53 „	— 12 2 „	Im Wassermann zwischen μ und β.
(2241)	23 17 44 „	+ 41 36 „	In der Friedrichsehre östlich von o.

Diese Nebelflecke gehören zu den planetarischen. (355) ist unter ihnen der bedeutendste, er enthält mehrere sichtbare Sterne und kann schon in einem $3\frac{1}{2}$ füssigen Fernrohr gesehen werden. *Herschel II.* macht darauf aufmerksam, dass so häufig kleine Fixsterne den planetarischen Nebeln äusserst nahe stehen. Er äussert die Vermuthung, diese Sterne möchten Satelliten des Nebelflecks sein. Denn sind die Nebel nicht etwa blosse Schalen, und diesem widerspricht die nach der Mitte zu wahrgenommene Verdichtung bei vielen derselben, während eine hohle Schale das Gegentheil zeigen müsste, so kann ihre Masse, trotz der Verdünnung, des enormen Volumens

wegen beträchtlich genug sein, einen Fixstern in einer regelmässigen Laufbahn herumzuführen. Er schlägt deshalb vor, den Positionswinkel dieser Fixsterne zu beobachten, so genau die Form des Nebels es irgend zulässt.

(61).	0^h 39′ 12″ AR	— 26° 13′ Decl.	In einer sehr sternenleeren Gegend südlich unter β des Wallfisches.
(151).	1 40 4 „	+ 5 4 „	Nordwestlich von α der Fische.
(242).	2 29 46 „	+ 38 19 „	Südwestlich von β des Perseus.
(854).	11 10 2 „	+ 14 1 „	Im Löwen, südlich von o, unter vielen kleinen Sternen.
(859).	11 11 22 „	+ 14 32 „	Ganz nahe nordöstlich neben dem vorigen.
(875).	11 14 12 „	+ 13 55 „	In derselben Gegend, südöstlich der beiden vorigen.
(1175).	12 10 33 „	+ 48 14 „	In einer sternenleeren Gegend der Jagdhunde.
(1225).	12 15 6 „	+ 47 56 „	Nahe östlich des vorigen. Man trifft beide auf einer Linie von (12) der Jagdhunde zu γ des grossen Bären, etwa in der Mitte.

Die hier aufgeführten gehören zu den länglichten Nebeln. Man findet alle Uebergänge vom schmalsten Streifen durch die verschiednen Grade der Ellipticität hindurch bis zur Kreisform, und eben so das verschiedenartigste Verhalten rücksichtlich des Hellerwerdens nach der Mitte zu, von einer kaum merklichen Differenz an bis zur sternförmigen Condensation. Nicht selten ist auch der Fall, dass der innere hellere Theil viel weniger elliptisch ist als die äussere Hülle. Daher zeichneten frühere Beobachter oft einen Nebel rund, der in der That stark elliptisch ist, weil sie blos den innern, hellern Theil sehen konnten. Am auffallendsten zeigt sich dies bei (854). Es folgt aus den Beobachtungen mit hoher Wahrscheinlichkeit, dass

die linsenförmige Gestalt der Nebel die am häufigsten vorkommende sei.

(399)	$6^h 29' 53''$ AR	$+ 8° 53'$ Decl.	Im Einhorn östlich von α des Orion.	
(536)	8 45 50 „	— 2 25 „	In der Wasserschlange in sternenarmer Gegend.	
(537)	8 46 33 „	+ 64 25 „	Nahe bei τ des grossen Bären.	
(1148)	12 7 15 „	+ 14 6 „	In der Jungfrau, östlich von β des Löwen.	
(1499)	12 50 57 „	+ 35 47 „	Südlich von (12) der Jagdhunde.	
(2205)	22 56 26 „	+ 11 24 „	Im Pegasus östlich von ζ.	
(2236)	23 13 58 „	+ 39 54 „	In der Friedrichsehre.	

Die hier aufgeführten sind Sterne mit nebligem Anhange, einigermassen den geschweiften Kometen dem Ansehen nach zu vergleichen. Gewöhnlich sind beide, Sterne und Nebel, sehr schwach.

Die höchst merkwürdigen Doppelnebel sind besonders in der Jungfrau sehr zahlreich. Es mögen hier die genäherten Positionen einiger derselben folgen.

(1363)	$12^h 28' 28''$ AR	$+ 12° 7'$ Decl.	In der Jungfrau nördlich über ϱ
(1146)	12 7 5 „	37 16 „	In den Jagdhunden, nördlich vom Haar der Berenice.
(444) (445)	7 14 50 „	29 49 „	Mit Castor und Pollux ein fast gleichseitiges Dreieck bildend.
(2197)(2198)	22 51 12 „	— 43 43 „	Im Wassermann zwischen φ und δ.
(1405)(1408)	12 35 4 „	+ 12 29 „	In der Jungfrau westlich von ε.
(1414)(1415)	12 35 39 „	+ 33 6 „	In den Jagdhunden.
(1905)	15 0 0 „	+ 20 12 „	Im Bootes, östlich von Arcturus.
(1358)(1359)	12 27 55 „	+ 12 11 „	Nordöstlich von ϱ der Jungfrau.
(934) (936)	12 31 24 „	+ 16 17 „	Im Löwen zwischen β und ϑ.

Ueber diese Doppelnebel sagt *Herschel II.*

„Alle die mannichfaltigen Combinationen der Doppelsterne in Bezug auf Position, Distanz und relative Helligkeit finden ihr Gegenbild in den Doppelnebeln, ja die Verschiedenheit der Gestalt und des Verdichtungsgrades lassen hier noch eine grössere Mannichfaltigkeit der gegenseitigen Beziehungen erkennen, und es bedarf wohl keiner weitläuftigen Untersuchung, um sich zu überzeugen, dass der bei weitem grösseren Mehrzahl dieser Verbindungen ein physischer Connex zu Grunde liege. Der Beweis, der für die physische Natur der Doppelsterne aus der verhältnissmässigen Seltenheit eines blos optisch zufälligen Näherstehens geführt werden kann, gilt für diese Nebel in noch grösserer Schärfe. So grosse, schwache, wenig in der Mitte verdichtete Nebel, wie z. B. $12^h\,17'\,22''$ und $+ 34^0\,29'$ vorkommen, sind einzeln viel zu selten als dass ihre Combinationen zufällige sein könnten. Beobachtungen der Distanzen und Positionswinkel können in Zukunft wichtig werden."

Herschel II. zählt

146 Doppelnebel
25 dreifache
10 vierfache
1 fünffachen
2 sechsfache.

§. 197.

Unter den Doppelnebeln findet man alle jene Combinationen wieder, die uns in den Doppelsternen begegnen. In einigen Fällen sind beide Nebel sowohl der Grösse und dem Glanze nach, als auch in ihrem ganzen Habitus, einander völlig gleich; in andern zeigen sich Verschiedenheiten der Helligkeit, selten der Gestalt. Die merkwürdigsten unter ihnen sind die folgenden:

1357 *H.* AR $12^h\,27'\,53''$. Decl. $+ 26^0\,55'$.

Ein 15 Min. langer und nur $30''$ (in der Mitte) breiter Nebelstreif, diagonal gegen den Meridian stehend. Nach der Mitte zu merklich verdichtet, so dass ein sternförmiger Kern vorhanden zu sein scheint. Dicht neben ihm und völlig parallel zieht ein zweiter Streif, allein viel schärfer und kürzer als der Hauptstreif, und jenseit desselben in etwa $2'$ Entfernung ein Fixstern 9. Grösse, so dass eine Perpendikulare von diesem Stern nach dem Nebelstreif gerade auf den Kern trifft.

1252 *H.* $12^h\,17'\,22''$, $+ 34^0\,29'$.

Zwei sehr schwache, runde, ineinanderfliessende Nebel, beide mit merklicher Verdichtung. Die Centra der Kerne ste-

hen 2 Min. von einander entfernt; die beiden Nebel haben jeder etwa 3′ Durchmesser.

1202 *H.* $12^h 13' 13''$; + 5° 25′.

Ein ziemlich heller Nebelfleck von 3′ Durchmesser, allmälig zu einem Kerne sich verdichtend. Nahe am Rande des Nebels bemerkt man einen zweiten weit schwächeren Kern, der noch eine besondere Umhüllung zu haben scheint, was dem Ganzen ein gleichsam birnförmiges Ansehen giebt.

604 *H.* $9^h 22' 32''$; + 22° 15′.

Fast ganz wie der vorhergehende. Der Hauptnebelfleck ist ziemlich hell, nach der Mitte stark verdichtet, und scheint auflösbar zu sein. Der schwächere beinahe völlig ausserhalb des Hauptnebels stehende, ist nur mit grosser Mühe wahrzunehmen.

1146. *H.* $12^h 7' 5''$; + 37° 16′.

Ziemlich heller Nebelfleck mit zwei gleichen und in einanderfliessenden Sternen. In Fernröhren geringerer Kraft erscheint er blos länglicht. Die Kerne fliessen sehr allmälig in den Nebel über; der Durchmesser der ganzen Figur ist etwa 50″.

444. *H.* $7^h 14' 50''$. + 29° 49′.

In diesem kleinen aber schönen Nebelfleck sind die beiden Kerne bestimmter gesondert, übrigens an Glanz, Grösse und Gestalt völlig gleich. Der umgebende Nebel ist sehr schwach und länglicht. Die Richtungslinie beider fast sternähnlichen Kerne ist diagonal gegen den Meridian (45° oder NO — SW) und ihr gegenseitiger Abstand 30″.

2197 *H.* $22^h 51' 12''$. — 13° 43′.

Zwei durch einen schmalen dunklen Raum getrennte, schwache, gegen die Mitte merklich verdichtete und Auflöslichkeit verrathende Nebel. Ihre Form etwas unregelmässig rund. Der südliche ist etwas schwächer, sonst an Grösse und Gestalt dem nördlichen gleich.

1408 *H.* $12^h 35' 4''$ + 12° 29′.

Zwei um 3′ 30″ von einander abstehende, an Glanz, Grösse und Gestalt sehr verschiedene Nebelflecke. Der vorangehende schwach, stark verwaschen, oval, ohne deutliche Spur eines Kerns. Der nachfolgende und südlich liegende ist beträchtlich heller, grösser, von runder Gestalt und deutlich verdichtetem Kerne. Ein matter neblichter Schimmer scheint beide zu verbinden. Durchmesser des grösseren Nebelflecks 90″.

1414 *H.* $12^h 35' 40''$. + $33^\circ 6'$.

Zwei Nebelstreifen, die unter einem Winkel von etwa 120° auf einander treffen und sich sogar zu durchschneiden scheinen. Der südliche ist etwas länger und heller als der nördliche, der fast genau O—W streicht. Beide Nebelstreifen zeigen etwas kernartiges und gleichfalls in die Länge gestrecktes.

1397 *H.* $12^h 33' 54$. + $33^\circ 30'$

Sehr langer Nebelstreif mit einem sehr unbestimmten Kerne. Er erstreckt sich wenigstens 15′ in der Länge und kaum 1′ in der Breite. Nahe nördlich bei ihm ein heller Stern und jenseit desselben in etwa 2′ Entfernung vom Hauptnebel, ein schwacher, runder, etwas kernförmiges verrathender Nebelfleck von etwa 60″ Durchmesser. In der That eine sonderbare Zusammenstellung.

1905 *H.* $15^h 0' 0''$. + $20^\circ 12'$.

Zwei länglichte Nebelflecke in einer Linie liegend; ihre Centra 2′ von einander abstehend. Beide nur schwach und nach der Mitte wenig verdichtet. Ungewiss, ob ein ganz dunkler Zwischenraum sie trenne.

1358 *H.* $12^h 27' 55''$. + $12^\circ 11'$.

Zwei grosse, länglichte, schwache Nebel, beide gegen die Mitte verdichtet; der nördliche etwas kleiner. Die beiden grossen Axen sind einander nicht ganz parallel, und der Zwischenraum ist gleichfalls mit einer sehr dünnen Nebelmasse angefüllt.

936 *H.* $11^h 31' 24''$. + $16^\circ 17'$.

Der grössere beider Nebel ist länglicht und nicht besonders schwach, nach der Mitte zu allmälig verdichtet. Die Verlängerung seiner grossen Axe trifft auf einen kleineren, runden, etwas helleren Nebel mit deutlichem Kerne. Die Mittelpunkte stehen etwa 2′ von einander.

1991 *H.* $17^h 52' 0''$. — $23^\circ 1'$.

Drei Nebelflecke von nahe hyperbolischer Form, die Scheitel gegen den mittlern dunklen Zwischenraum gerichtet. Die Mitte dieses Zwischenraums nimmt ein schöner Doppelstern ein. Das Ganze hat 7′ Durchmesser und ist eins der merkwürdigsten Objekte des Firmaments.

Es scheint wichtig, zu bemerken, dass die meisten Doppel- und vielfachen Nebel im Sternbilde der Jungfrau und nahe herum vorkommen. Diese Gegend ist überhaupt stellenweis mit Nebelflecken gleichsam übersäet, und die Vertheilung am Himmel im Ganzen höchst ungleich. Von 2306 Nebeln.

die der neueste *Herschel*sche Catalog aufführt, fallen in die verschiedenen Stunden der Rectascension folgende:

1^h.	89.	13^h.	441.
2.	109.	14.	214.
3.	89.	15.	153.
4.	24.	16.	42.
5.	36.	17.	32.
6.	32.	18.	18.
7.	56.	19.	34.
8.	55.	20.	37.
9.	72.	21.	36.
10.	110.	22.	45.
11.	153.	23.	60.
12.	271.	24.	98.

Es ergeben sich hier ganz deutlich 2 Maxima, die mit den Polen der Milchstrasse nahe zusammenfallen, während die Minima in der Milchstrasse selbst oder nahe herum liegen. Das eine dieser Maxima ist aber 4mal stärker als das andre, und könnten wir die Vergleichung in Declination in einiger Vollständigkeit durchführen, so würde das Uebergewicht der oben erwähnten Gegend noch stärker hervortreten. Allein dazu wäre erforderlich, dass man den ganzen Himmel gleich sorgfältig durchforscht hätte, was natürlich nur durch ein Zusammenwirken der Astronomen des Nordens und Südens der Erde möglich ist.

§. 198.

Die Sternhaufen.

Sie lassen sich von den Nebelflecken nicht bestimmt trennen, und in den obigen Uebersichten sind die Sternhaufen schon mitgezählt. Die Gradationen der Auflösbarkeit in Sterne sind zu mannichfaltig, und möglicherweise sind sogar alle Nebelflecke Sternhaufen. Auf der andern Seite sind in mehreren der von *J. Herschel* aufgeführten Sternhaufen die Sterne so zerstreut und so wenig zahlreich, dass man sie kaum mit diesem Namen belegen kann. Hier sollen nur einige der merkwürdigsten aufgeführt werden.

207 *H*. AR. 2 7′ 10″. Decl. + 56° 22′.

Bekannter glänzender Sternhaufen im Schwertgriffe des Perseus, fast ½ Grad im Durchmesser haltend. Zwei der

Sterne sind 7. Grösse, und einer derselben steht im Umfang einer Ellipse von Sternen.

212 *H.* 2^h 10′ 1″. + 56° 21′.

Nur 40′ vom vorigen entfernt und gleichfalls sehr glänzend. Sein Durchmesser 15 Minuten. Nach der Mitte zu zeigt sich mehr Verdichtung als bei dem vorhin angeführten, die Ränder zerfliessen allmälig. Den Mittelpunkt bildet ein schöner röthlicher Stern. Ist dieser die Centralsonne eines Fixsternsystems?

310 *H.* 3^h 51′ 31″. + 52° 9′.

Sternhaufen in Gestalt eines elliptischen Ringsegmentes. Die Sterne nur schwach.

350 *H.* 5^h 8′ 22″. + 39° 9′.

Ein aus sehr schwachen Sternen zusammengesetzter Haufen, in dessen Mitte ein ins Orange spielender röthlicher Stern 7. Grösse steht.

269 *H.* 5^h 41′ 10″. + 32° 30′.

Gegen 500 Sterne von 10. bis 12. Grösse auf einem Felde von etwa 20 Min. Durchmesser. Von der Hauptmasse ziehen mehrere Ausläufer nach verschiedenen Seiten. Nach der Mitte zu bemerkt man keine besondere Verdichtung.

375 *H.* 5 56′ 59″. + 24° 6′.

Ein reicher Sternhaufen von unregelmässiger, nahe dreieckiger Gestalt, die Sterne sämmtlich sehr klein und das Ganze, besonders in der Mitte, fast nebelförmig.

496 *H.* 8 5′ 19″. — 5° 17′.

Prachtvoller Sternhaufen. Der ganze Grund mit unendlich kleinen und feinen Pünktchen besetzt; die deutlicheren Sterne sind 9ter — 12ter Grösse; 15′ im Durchmesser, aber ohne bestimmte Begrenzung, so dass einzelne Stellen des Randes weit auslaufen. Im dichteren Theile steht ein schöner Doppelstern. Die Zahl der hellern Sterne übersteigt 100.

531 *H.* 8^h 42′. + 12° 26′.

Gegen 200 Sterne auf einem Raume von 12 — 15 Min. Durchmesser. Die Sterne an Glanz sehr verchieden. Gegen die Mitte hin nur wenig Verdichtung. Einige der Sterne sind 8ter bis 9ter Grösse.

Von hier bis zu 13^h kommen fast gar keine Sternhaufen im eigentlichen Sinne vor, und die überaus zahlreichen Nebel in dieser Region verrathen fast nie eine Auflösbarkeit. Mit Sternen ist überhaupt diese Gegend schwächer als andre besetzt.

1558 *H.* $13^h 4' 34''$. + $19° 5'$.

Ein merkwürdiger Sternhaufen. Die Mitte ist zu einer fast gleichförmigen Lichtmasse verdichtet. Die Zahl der kleinen Sterne ist unzählbar, die grössern sind 10—11ter Grösse. Das Gros des Haufens, von unregelmässiger rundlicher Form, hat etwa 5′ Durchmesser, und kurze Ausläufer ziehen nach allen Seiten. Grössere und zerstreutere Sterne stehen sehr häufig in der Nähe herum.

1569 *H.* $13^h 8'$. + $18° 34'$.

Nur 1° vom vorigen entfernt und viel schwächer, aber nicht minder reich an Sternen. Der Durchmesser 10′ und die Gestalt unregelmässig rund, nach der Mitte zu ganz allmählig verdichtet. Die Sternchen sind so eben noch unterscheidbar und in einem nicht sehr kräftigen Fernrohr gewahrt man höchstens einen schwachen Nebelfleck. Nur 4 oder 5 Sterne mögen die 11te bis 12te Grösse erreichen.

1663 *H.* $13^h 34' 12''$. + $29° 14'$.

Mehr als 1000 Sterne auf einem Raume von 2 bis 2½ Min. Durchmesser. Das Innere ist gegen die Mitte *hin* so stark verdichtet, dass es nicht mehr möglich ist die einzelnen glänzenden Punkte zu unterscheiden. Von dieser Centralmasse gehen gleichsam Radien nach verschiednen Seiten, und verbreiten Arme weit über die oben angegebene Grenze hinaus. Die einzelnen Sterne sind nur 10—12ter Grösse, das Ganze ist aber ein so stark glänzender Gegenstand, dass *John Herschel* ihn noch wahrnehmen konnte als die Wolken dem blossen Auge die hellsten Sterne, z. B. den in der Nähe stehenden Arcturus, verdeckten. Eine leichte Bewölkung scheint sogar die Auflöslichkeit dieses Sternhaufens eher zu begünstigen als zu hemmen.

1746 *H.* $13^h 57' 48''$. + $29° 21'$

Ein reicher schöner Sternhaufen von 7—8 Min. Durchmesser, den *Herschel* schon im Sucher von 2½ Zoll Oeffnung wahrzunehmen im Stande war. Von der 10ten Grösse bis zur neblichten Masse herab kommen alle Sterngrössen vor. Ein eigentlicher Kern zeigt sich nicht, doch eine allmählige Verdichtung gegen die Mitte hin, das Ganze ist aber schon sehr stark verdichtet. Die Abrundung nicht ganz regelmässig.

1813 *H.* $14^h 20' 40''$. — $5° 12'$.

Herschel konnte nur mit grosser Mühe in diesem kleinen aber stark verdichteten Sternhaufen die einzelnen, sämmtlich sehr

feinen Sterne unterscheiden. Der Durchmesser 80 Sekunden. In der Nähe ein Stern 7ter Grösse, nur 90″ entfernt.

1916 *H.* $15^h 9' 56''$. + $2° 44'$.

Dieser ungemein glänzende Sternhaufen liegt in einer an einzelnen Sternen armen Himmelsgegend. Der innere dichtere Theil kann gegen die Mitte hin, der grossen Masse wegen, die wie ein Schneeball zusammenfliesst, nicht aufgelöst werden. Die äusseren Theile zeigen gegen 300 mehr zerstreute Sterne von verschiedenen Grössen nnd ohne Regel gruppirt; das Ganze ist rundlich und hat gegen 12′ Durchmesser.

1929 *H.* $15^h 29' 9''$. + $6° 33'$

John Herschel beobachtete ihn anfangs als Nebelfleck, und beschreibt ihn als schwach, 2′ im Durchmesser gross, sehr allmälig gegen die Mitte verdichtet und kreisförmig. Bei unausgesetzt aufmerksamer Beobachtung und sehr schönem Himmel fand er ihn auflöslich, aber nur in die allerfeinsten Lichtpünktchen und nur durch die Kraft seines stärksten Teleskops. Der Sternhaufen kann also, als an der innern Grenze der Auflöslichkeit stehend, zur Prüfung von Fernröhren benutzt werden, so wie auch, um mit dem Anblick eines Objectes vertraut zu werden, das von *Herschel* als „resolvable but no resolved“ bezeichnet wird.

Von hier ab durch die Sternstunden 17 bis 21 hindurch häufen sich die Sternhaufen fast in demselben Maasse wie die eigentlichen Nebelflecke seltner werden. Verglichen mit der relativen Leere, ja gänzlichem Mangel an Sternhaufen in dem Raume von 8^h bis 13^h scheint es, dass bestimmte Gesetze der Vertheilung vorwalten, oder auch, dass wir nach der Richtung 19^h hin den Grenzen desjenigen Theils des Universums, das wir erblicken, näher stehen als nach der entgegengesetzten Seite. Denn sind Nebelflecke und Sternhaufen wesentlich Eins, so werden nach der Seite hin, wo wir den Grenzen des ganzen Haufens am nächsten stehen, die meisten auflöslichen, und nach der andern die meisten unauflöslichen stehen. Das Maximum für die Nebel fanden wir bei 13^h, also nicht dem der Sternhaufen entgegengesetzt, sondern nur um einen Quadranten von ihm entfernt, was darauf zu deuten scheint, dass das Ganze eine stark elliptische Form habe, und wir weit ausserhalb der Mitte in Beziehung auf beide Axen des Haufens stehen. Doch wird es, wie oben erwähnt, einer gleichmässigen Durchmusterung des Himmels bedürfen, um diese Frage zu entscheiden. Dann aber werden wir zu wichtigen Resultaten über die äussere

Form wie über die innere Constitution des Universums, d. h. des Theils der uns erreichbar ist, gelangen.

Bei der ungemein reichen Fülle des Stoffes muss hier eine um so strengere Auswahl getroffen werden.

2015 *H.* $18^h 26' 4''$ — $20^0 1'$

Schöner kugelförmiger, doch nicht sehr glänzender Sternhaufen. Er ist gegen die Mitte oder eigentlich gegen einen etwas excentrischen nach NO gelegenen Punkt stärker verdichtet, doch sind auch hier noch die einzelnen Sterne unterscheidbar. Die kleineren und schwächeren Sterne bilden die Centralmasse, die stärkern sind überall darauf zerstreut.

2031 *H.* $19^h 0' 17''$ + $4^0 25'$

Länglichter Sternhaufen. Die stärkste Verdichtung nicht in der Mitte, sondern in NO; und die Sterne einzeln ziemlich gut unterscheidbar.

2125 *H.* $21^h 24' 40''$ — $1^0 34'$

Herschel II. vergleicht diesen mit einem Haufen glänzenden Sandes. Der Bewölkung ungeachtet war er in einer Beobachtung sicht- und unauflösbar. In einer zweiten schätzte er die Zahl unterscheidbarer Sterne auf mehrere Tausend, von denen einzelne am Rande herum zerstreut lagen, die übrigen eine Masse bildeten, die gegen die Mitte hin zwar etwas verdichtet erschien, doch nicht mehr, als die kugligte Gestalt unter Annahme einer real gleichmässigen Dichtigkeit erfordern würde.

2128 *H.* $21^h 30' 41''$ — $23^0 55' 26.''$

Schöner stark verdichteter Sternhaufen, 6′ im Durchmesser. Er ist unregelmässig rund, in der Mitte zu einer compacten Masse verdichtet, und hat zwei Ausläufer. Der eine gegen N gerichtete trifft rückwärts verlängert das Centrum und besteht aus 3—4 Sternen 10″ Grösse und mehreren kleineren. Der zweite nach NO gerichtete kommt nicht vom Centro, sondern von einem etwas nördlicher gelegenen Punkte der Hauptmasse und ist kürzer als der erste.

357 *H.* $5^h 24' 16''$ + $21^0 53'$.

Ziemlich regelmässig elliptisch, die grosse Axe NO — SW und 4′, die kleine 3′. Die Verdichtung nahe der Mitte zu wenig merklich. Sein Ansehen zeigt dass er auflöslich sei, obgleich man die Sterne einzeln nicht mehr wahrnehman kann.

1968 *H.* $16^h 35' 37''$. + $36^0 47'$.

Ueberaus reicher Sternhaufen von wenigstens 6000 Sternen, die fast bis zum Centro hin einzeln unterscheidbar sind, und haarförmigen Ausläufern nach allen Seiten, besonders nach SO.

Der Grad der Verdichtung gegen die Mitte hin lässt auf eine kugelförmige Gestalt der ganzen Masse schliessen. Die einzelnen Sterne sind von der 10—12 und geringeren Grössen und das Ganze hat 7—8 Min. Durchmesser. Vielleicht der prachtvollste aller Sternhaufen des Himmels.

415 *H.* $6^h 45' 10'' + 18^0 14'$.

Ein spitzwinklichtes Dreieck von Sternen. Der gegen O gerichtete nachfolgende Winkel ist der schärfste und seine Schenkel sind ziemlich bestimmt angedeutet; die gegenüberliegende westliche Seite ist dagegen sehr unbestimmt. In der Mitte des Dreiecks ist die Verdichtung etwas stärker, die ganze Masse mag aus 300 Sternen 11—13. Grösse bestehen und 6′ im Durchmesser haben. Die beiden hellsten Sterne stehen am östlichen Winkel des Dreiecks.

§. 199.

Eine dritte, aber gleichfalls von den beiden vorigen nicht bestimmt zu trennende Form bilden die Nebelsterne. Das, was man den Kern eines Nebelflecks nennt, ist häufig so stark verdichtet und hebt sich von der übrigen Masse so entschieden hervor, dass man es eben so gut als einen Stern betrachten kann, der vom Nebel umgeben ist, wozu noch die für uns gar nicht unterscheidbaren Fälle kommen, wo die Verbindung zwischen Nebel und Stern nur eine optische ist, und der Stern entweder vor oder hinter dem Nebel in weiter Ferne steht. Die Häufigkeit dieses Falles, verglichen mit der Anzahl derer die aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung folgten, wenn alle Verbindungen optische wären, würde für sich allein den physischen Zusammenhang noch nicht darthun, denn *W. Herschel* machte auf die Möglichkeit aufmerksam, dass der Weltäther selbst, oder irgend etwas den Raum Erfüllendes, an einzelnen Stellen so verdichtet sein könne, dass das hindurchgehende Licht eines Sterns ihn sichtbar mache, ähnlich wie der Staub in einem Zimmer durch den Sonnenstrahl sichtbar wird. Zur Unterstützung dieser Hypothese führte er an, dass der Fall von Nebelsternen grade im Orion so sehr häufig vorkomme, und zwar bei Sternen der allerverschiedensten Grösse.

Gleichwohl bleiben einzelne Erscheinungen übrig, die nicht wohl Erklärungen wie die vorhergehenden gestatten, wie es denn auch *W. Herschel* nicht in den Sinn kam, alle Erscheinungen dieser Art einer und derselben Ursach zuzuschreiben. Man findet z. B. Sterne mit kometenartigem Anhange, wo der Nebel in Dreiecks-Fächer- oder Schweifgestalt von einem

Sterne ausgeht, der den Scheitel des Winkels bildet, so dass man nur durch die Unbeweglichkeit während eines längeren Zeitraums überzeugt wird, keine Kometen gesehen zu haben. Dahin gehören folgende Sterne:

399 *H.*	$6^h 29' 53''$ AR.	$+ 8^\circ 53'$ Decl.	
537 „	8 46 33 „	+ 54 25 „	
1362 „	12 28 28 „	+ 15 12 „	
1509 „	12 52 2 „	+ 3 25 „	

Bei 399 ist der Stern schwach, der kometenartige Anhang aber ziemlich hell; bei 537 tritt derselbe Fall ein, nur ist der Nebelanhang breiter und kürzer und füllt fast einen Quadranten um den Stern herum; bei 1362 ist der Stern heller, der Nebel dagegen sehr schwach und fast elliptisch, auch in seiner Mitte etwas verdichtet, so dass man geneigt ist hier die optische Verbindung als die wahrscheinlichere anzunehmen; bei 1509 ist der Fall ähnlich, nur ist das ganze Gebilde kleiner.

Ferner kommen Fälle vor, wo zwei Sterne sich gegen einen zwischenliegenden Nebel ganz symmetrisch verhalten, z. B. an beiden Enden eines Nebelstreifens stehen, was namentlich bei folgenden statt findet:

2236 *H.*	$23^h 13' 58$ AR.	$+ 39^\circ 56'$ Decl.
536 „	8 45 50 „	— 2 25 „
1499 „	12 50 57 „	+ 35 47 „
2205 „	22 56 26 „	+ 11 24 „

Bei 2236 steht der schwächere Stern im Norden, der stärkere im Süden; ein Nebelstreif von $2\frac{1}{2}'$ Länge und $20''$ Breite verbindet beide, ist jedoch nur schwer sichtbar. — Bei 536 reicht der Nebel nicht an beide Sterne, ist aber stark elliptisch (etwa 3:1) und die grosse Axe der Ellipse trifft, auf beiden Seiten um $\frac{1}{3}$ verlängert, die beiden Sterne. — In 1499 verbindet ein sehr schwacher Nebelstreif zwei Sterne 9. und 11. Grösse ganz symmetrisch. — Der Fall 2205 ist complicirter. Ein heller Stern steht am südlichen und ein schwächerer nahe am nördlichen Ende eines langen und schmalen Nebelstreifs, in dem man noch zwei schwache Sterne nahe der Mitte wahrnimmt.

§. 200.

Man sieht aus den angeführten Beispielen, wie gross die Mannichfaltigkeit in diesen Bildungen sei; und gleichwohl kennen wir noch so äusserst wenig von dem, was der Himmel hierher Gehöriges enthalten mag, denn die beiden *Herschel* stehen bis jetzt fast isolirt als Beobachter der Nebelflecke unter

den Astronomen da, und namentlich sind die Zeichnungen, welche wir von ihnen besitzen, nach *Herschel II.* eigenem Urtheile noch sehr unvollkommen. Es ist aber auch freilich nur Wenigen vergönnt, die Wissenschaft auf diesem Felde zu bereichern. Ein Fernrohr von 5 Fuss Brennweite und etwa 5 Zoll Oeffnung zeigt nur etwa 200 Nebel, und von diesen nur 10—12 mit hinreichender Deutlichkeit, um etwas Detail in ihnen zu unterscheiden. Hier hauptsächlich wird die Vergrösserung der achromatischen Objective und der Teleskopspiegel unsre Kenntniss weiter führen. Weniger kommt hierbei auf die lineäre Vergrösserung an: die Durchmesser der Sternhaufen und Nebelflecke, selbst der planetarischen, die in der Regel die kleinsten sind, zeigen sich meistens gross und füllen in nicht wenigen Fällen mehr als ein Feld des Fernrohrs bei 2—300 maliger Vergrösserung, so dass man zur Anwendung der schwächsten Ocular-Vergrösserungen sich genöthigt sieht. Dagegen je lichtstärker ein Fernrohr ist, desto mehr Nebelflecke, und desto deutlicher wird es diese zeigen.

Die grössten Nebelflecke des Himmels sind die uns noch wenig bekannten Capwolken (magellanische Wolken) in der Nähe des Südpols, die mehrere Grade im Durchmesser halten und dem blossen Auge sichtbar sind. Ihre Oerter sind schon von *Lacaille* bestimmt; sie selbst aber sind noch wenig untersucht. Hoffentlich werden wir durch *John Herschels* Aufenthalt am Cap in den Jahren 1833—37 Aufschluss über sie erhalten, wenn seine Beobachtungen im Détail bekant gemacht werden.

Neunter Abschnitt.

Doppelsterne.

§. 201.

Als man dahin gelangt war das Auge für den Anblick des Himmelsgewölbes durch künstliche Bewaffnung zu schärfen, be-

merkte man bald, dass an mehreren Stellen, wo das freie Auge nur einen einfachen Stern wahrgenommen hatte, zwei oder auch mehrere Sterne einander sehr nahe standen. Der Grund weshalb man ohne Fernrohr nur einen einzelnen wahrgenommen, lag zwar oft in der zu geringen Lichtstärke des kleineren Sternes, hauptsächlich aber in der zu grossen Nähe, welche veranlasst, dass der Lichtglanz des einen Sterns sich mit dem des andern auf der Netzhaut des Auges vermischt und so die Vorstellung eines einfachen Sternes entsteht. Man nannte solche nur durch Fernröhre zu trennende Punkte Doppelsterne oder bei drei und mehreren vielfache Sterne, eine Benennung, die sich hiernach blos auf die äussere Erscheinung bezieht und die Entscheidung, ob sie wirklich in einer näheren gegenseitigen Verbindung stehen, unberührt lässt. Denn wenn wir kein Mittel besitzen, die wirkliche Entfernung jedes einzelnen Sterns von unsrer Erde zu ermitteln, so kann die obige Wahrnehmung allein noch nicht genügen die Frage zu beantworten, ob diese Sterne wirklich nahe nebeneinander, oder nur für unsern Standpunkt in fast gleicher Richtung hintereinanderstehen, ob sie demnach physisch oder blos optisch doppelt sind, in welchem letztern Falle nichts hindert, dass ihre wahre gegenseitige Entfernung nicht eben so gross oder grösser sei als die zweier andern Sterne, die wir an entgegengesetzten Punkten des Himmels erblicken.

§. 202.

Es ist vielleicht nicht ohne Interesse die Grenze zu bestimmen, innerhalb deren es dem blossen Auge nicht mehr möglich ist, nahestehende Objekte des Himmels von einander zu trennen. Viel hängt dabei vom verhältnissmässigen Glanze der Sterne ab. Ist einer von beiden ausgezeichnet hell, so wird man den schwächeren schwerer erkennen als wenn beide nahe von gleicher (am besten nicht über 3. und nicht unter 5.) Grösse sind. Die Jupitersmonde z. B. wären hell genug, um im freien Auge gesehen zu werden, wenn der stark glänzende Hauptplanet nicht neben ihnen stände; so aber, obgleich der dritte Mond eine scheinbare Entfernung von 6 und der 4te von 10 Minuten vom Jupiter erreichen kann, sind dennoch diese Begleiter den Alten völlig unbekannt geblieben und unter den Neuern gelingt es nur den aussergewöhnlich weitsichtigen Augen, und selbst dies wohl nur vermöge der anderweitig erlangten Kenntniss, zuweilen einen Jupitersmond zu unterscheiden. Dagegen ist der Stern 5ter Grösse, der neben ζ des

grossen Bären (Mizar) steht und 11 Minuten im Bogen von ihm entfernt ist, von den Arabern gesehen und benannt worden, ehe es Ferngläser gab, was in unsern Klimaten nicht so leicht gelingt*). Die beiden mit α Capricorni bezeichneten Sterne haben $6\frac{1}{2}$ Minuten gegenseitige Entfernung, werden aber doch nur von guten Augen getrennt gesehen. Dagegen erkennt selbst das schärfste Auge in ε und 5 Lyrae, die $3'\,27''$ auseinanderstehen, nicht zwei getrennte, sondern höchstens einen ovalen Stern, und eben so wenig sieht man den Nebenstern von α Librae ($3'\,51''$ Distanz) mit freiem Auge gesondert. — Die angegebene Grösse von 5 Minuten ist der 55te Theil der Entfernung des Castor von Pollux, und wer demnach Sterne bis zu dieser Grenze noch unterscheiden will, müsste im Stande sein, in einer vom Castor zum Pollux gezogenen Reihe von 56 Punkten die einzelnen gesondert zu erblicken.

Für ein scharf begrenzendes Fernrohr würde also die Grenze der Trennbarkeit zweier Sterne sich im umgekehrten Verhältnisse der angewandten Vergrösserung vermindern müssen. Bei einer 20maligen Vergrösserung würde man Sterne bis zu $15''$ Distanz, z. B. 61 Cygni, noch trennen können, bei einer 75maligen schon den Doppelstern Castor, bei einer 100maligen ε und 5 Lyrae, die jeder für sich ein Doppelsystem bilden, getrennt erblicken, stets unter der Voraussetzung, dass die Begrenzung der Bilder noch vollkommen scharf sei. Die Erfahrung bestätigt diese Annahme. *Struve* konnte im Dorpater Refraktor mit 1000maliger Vergrösserung noch Sterne trennen die nur $0'',3$ aus einander stehen, es ist aber $\frac{5'}{1000}$ genau $0'',3$. Mit 180maliger Vergrösserung erkenne ich ξ Ursae noch ziemlich gut getrennt (jetzige Distanz $1'',9$), kaum noch σ Coronae ($1'',4$), der schon keinen Zwischenraum, sondern gleichsam zwei

*) Obgleich ζ Ursae maj. in Mitteleuropa höher steht als in den Aequatorgegenden Amerika's, so versichert dennoch v. *Humboldt*, dass es ihm dort möglich gewesen, den Nebenstern mit blossem Auge zu sehen, nicht aber in Europa. — In *Kazwini's* arabischer Beschreibung des (jetzt in Dresden befindlichen) *Kufi*schen Himmelsglobus wird dieser Nebenstern Suha genannt und dabei erwähnt, dass nach ihm die Menschen ihr Gesicht prüfen, d. h. ob sie im Stande sind, ihn zu sehen.

an einander geklebte Sterne darstellt, dagegen ζ Bootis, ζ Herculis, η Coronae höchstens nur länglicht. γ Virginis sah ich im Jahre 1834 ein einziges Mal wirklich doppelt, 1835 nur länglicht, 1836 und 1837 konnte ich, obgleich der Positionswinkel mir im Allgemeinen bekannt war, doch nur einen gewöhnlichen runden Stern erblicken.

§. 203.

Indess hat man sich in neuern Zeiten durch die unerwartet grosse Anzahl äusserst nahe stehender Sternpaare veranlasst gefunden, die näheren Untersuchungen in weit engere Grenzen als die §. 2. angegebenen einzuschliessen. *Herschel* theilte die Doppelsterne ihrer Distanz nach in Klassen, deren erste die Sterne bis 4″, die zweite bis 8″, die 3te bis 16″ u. s. w. enthält, in welcher Progression fortschreitend also erst die 8te Klasse Sterne umfassen würde, die von scharfen unbewaffneten Augen noch unterschieden werden können. *Struve's* Cataloge enthalten im Allgemeinen nur die ersten vier *Herschel*schen Classen, also bis zu 32″ Distanz, woraus er aber 8 Abtheilungen macht. So gehört also der Begleiter von α Lyrae, der 43″ Abstand hat, nicht mehr in die so begrenzten Kategorien der Doppelsterne, obgleich der Abstand den 7ten Theil desjenigen beträgt, den das scharfe Auge noch unterscheidet. — Die 8 Klassen *Struve's* sind folgende:

I.	Kl. bis zu	1″	Abstand.
II.	- —	2″	—
III.	- —	4″	—
IV.	- —	8″	—
V.	- —	12″	—
VI.	- —	16″	—
VII.	- —	24″	—
VIII.	- —	32″	—

Bis zum letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts waren nur sehr wenige Sternpaare, die den obigen Klassen angehören, bekannt, aber noch kein einziges näher untersucht. Noch hatte man keine Ahnung von den ungemein wichtigen Aufschlüssen, welche wir durch sie erlangen würden; auch waren die Hülfsmittel jener Zeit nicht geeignet, mit einigem Erfolge in eine nähere Untersuchung des Gegenstandes eingehen zu können. So finden wir in den Catalogen *Flamsteeds*, *Cassini's*, *Bradley's* und *Tob. Mayer's* fast nur diejenigen Sterne als doppelt aufgeführt, die jedem aufmerksamen Himmelsbeobachter, mochte er auch zu ganz andern Zwecken seine Musterun-

gen anstellen, in die Augen fallen mussten. Schliesst man diejenigen aus, welche weiter als 32″ von einander abstehen, so bleiben nur etwa 20 Sternenpaare übrig, die bereits in den angeführten älteren Verzeichnissen aufgeführt sind, und die jetzt sämmtlich in einem 2 füssigen *Plössl*schen dialytischen Fernrohr als doppelte wahrgenommen werden können; die merkwürdigsten sind ζ Ursae (1700 am 7. Sept. von *Gottfried Kirch* gesehen), γ Arietis, γ Virginis (damals gegen 6″ abstehend) α Geminorum, ϑ Serpentis, p Ophiuchi, α Hydrae, ζ Cancri, 61 Cygni, ο Capricorni, b Sagittarii (letzterer von *Bradley* aufgefunden). Einige derselben hatte man am Meridianinstrument zu bestimmen versucht, indem man den Durchgang jedes einzelnen Sterns beobachtete, was natürlich grosse Schwierigkeiten hat, und demnach nur als erste, roheste Näherung angesehen werden kann. *Bradley* bediente sich zuerst eines, auch in neuern Zeiten noch theilweise angewandten Verfahrens, die Richtungswinkel der Begleiter zu bestimmen; er betrachtete gleichzeitig mit dem rechten Auge den Himmel durch's Fernrohr und mit dem linken unbewaffnet, und suchte nun zwei Sterne, welche mit letzterem gesehen, in derselben gegenseitigen Richtung standen als der Doppelstern im Fernrohr. Die Richtung der erstern konnte sodann leicht und sicher durch Meridianbeobachtungen bestimmt werden; wäre die Vergleichung selbst eben so sicher gewesen, so würde diese Methode nichts zu wünschen übrig lassen. Allein obgleich sie gegenwärtig mit Recht beseitigt ist, so kann sie dennoch als der erste gelungene Schritt zu einer genaueren Kenntniss dieser Himmelskörper angesehen werden; und wir würden ohne diese *Bradley*schen Positionswinkel über die Bahnen einiger wichtigen Doppelsterne, namentlich Castor und γ Virginis, noch lange in völliger Unwissenheit bleiben, während sie jetzt, ähnlich den Finsternissbeobachtungen der Chaldäer, Griechen und Araber, durch den langen Zeitraum der sie von uns trennt, die Ungenauigkeit reichlich vergüten, die man dieser Methode zuzuschreiben genöthigt ist.

§. 205.

Nur wenige Jahre vor dem Beginn der grossen Arbeit *Herschels* über die Doppelsterne trat *Christian Mayer*, ein Astronom in Manheim, ganz unerwartet mit Beobachtungen von Fixsterntrabanten auf, die ihm, da man sich eine unrichtige Idee von der Sache machte, vielen Widerspruch und selbst Verspottung zuzogen, aber nichts destoweniger begründet wa-

ren. Man bewies weitläuftig, was eines Beweises kaum bedurft hätte, dass ein mit erborgtem Lichte leuchtender und einen Fixstern umkreisender Planet nie von uns gesehen werden könne, und nahm stillschweigend oder ausdrücklich an, dass nur dunkle Weltkörper und Sonnen kreisen könnten. Erschien auch der Name Fixsterntrabant für jene Zeit etwas gewagt (er hat sich später glänzend gerechtfertigt), so hatten doch die Beobachtungen jedenfalls ihren unbestrittenen Werth. *Ch. Mayer* gab in seinem Werke (Vertheidigung neuer Beobachtungen von Fixsterntrabanten, Manheim 1778) ein Verzeichniss der von ihm beobachteten 80 Sternenpaare, von denen 67 den oben angeführten *Struve*schen Classen angehören, die übrigen 13 einen grössern Abstand als 32″ haben. Die meisten sind von ihm neu entdeckt, und manche derselben gehören noch jetzt zu den schwierigen Objekten, welche nur sehr kräftige Instrumente darzustellen vermögen, wie ϱ Herculis, 71 Herculis, ε Lyrae, 5 Lyrae, ζ Aquarii, ω Piscium, α Arietis und einige andre. Er mass den Abstand in Rectascension und Declination, freilich nur an Meridianinstrumenten, wie man noch viel später häufig gethan hat, und wies aus diesen und den Beobachtungen früherer Astronomen Veränderungen nach, welche sich darin gezeigt hatten. Allerdings blieb er den Beweis schuldig, dass jene Veränderungen nicht von eignen Bewegungen der Sterne im Weltraume herrührten, wie denn bei seinen „Arcturstrabanten“ die er häufig beobachtete, wohl jetzt ziemlich feststeht, dass nur die eigne Bewegung Arcturs, keinesweges eine um ihn kreisende der vermeintlichen Trabanten um ihn, die Unterschiede veranlassten. Auch können seine fleissigen Beobachtungen jetzt keinen Werth mehr ansprechen, wo es sich um Berechnung von solchen Umlaufsbahnen handelt; allein es genügt für jene Zeit, die Idee angeregt zu haben. Eine schärfere Unterscheidung, einen überzeugenden Beweis konnte man damals noch nicht verlangen; die Hülfsmittel waren noch zu unvollkommen und die Fixsternkunde im Allgemeinen zu wenig bearbeitet, als dass man *Mayer* einen Vorwurf über manche Unklarheit in seinem Werke machen könnte. Der ganze nun längst erledigte Streit kann uns zur Warnung dienen, nicht nach vorgefassten Meinungen über Thatsachen der Erfahrung und Beobachtung abzusprechen: ein Verfahren, wie es in der Geschichte der Naturwissenschaften nur zu häufig angetroffen wird.

§. 206.

Dies war der Stand der Sache, als der unvergessliche *William Herschel* auftrat, mit seinen von ihm geschaffenen Riesenteleskopen in die Tiefen des Fixsternhimmels eindrang und mit der Fackel seines Geistes ihr nächtliches Dunkel beleuchtete. Seine Arbeiten in diesem Zweige der Astronomie begann er 1776 mit einer Messung des bekannten Trapeziums ϑ Orionis. Bis zum J. 1783 folgten hierauf die Messungen von 450 Doppelsternen, ungerechnet mehrerer deren Distanz 32″ übersteigt, eine Zahl, welche durch spätere Untersuchungen noch beträchtlich vermehrt wurde. Er zeigte, dass die unerwartet grosse Zahl dieser eigenthümlichen Bildungen, verbunden mit dem ungemein kleinen Winkel, unter dem wir sie erblicken, (viele der von ihm entdeckten haben noch nicht eine Sekunde scheinbarer Distanz) nicht anzunehmen gestatte, dass diese Erscheinung überall nur eine in der zufälligen Stellung unseres Sonnensystems begründete sei; dass der Fall, wo zwei Sterne so genau in gerader Linie mit dem Sonnensysteme ständen, als hierzu erfordert wird, viel seltner sein müsse, dass daher die Mehrzahl der Doppelsterne nicht blos optisch, sondern real (physisch) in näherer Beziehung zu einander ständen und Systeme bildeten, in denen man im Laufe der Zeit Bewegungen wahrzunehmen hoffen dürfe, ähnlich denen, welche die Planeten und Monde zeigten. Deshalb sei eine genaue Beobachtung der Distanz und des Richtungswinkels der Doppelsterne von grösster Wichtigkeit, sowohl bei den physischen, um dadurch zu einer Kenntniss ihrer Bahnen und der gegenseitig wirkenden Kräfte zu gelangen, als auch bei den optischen, um die Differenz ihrer jährlichen Parallaxen zu erforschen. — Indess blieb man bei dem Erstaunen stehen, welches seine grossartigen Entdeckungen und Ideen natürlich erregt hatten, er fand im langen Laufe seines Lebens keine Mitarbeiter, die auf diesem unermesslichen Felde doch so wünschenswerth gewesen wären, und als ihm nach Verlauf von einigen zwanzig Jahren (1802—1804) bei einer neuen Durchmusterung der Doppelsterne, die Freude ward, unbezweifelbare Veränderungen und dadurch die Bestätigung seiner Ideen zu finden, hatte er dies nur seinen eignen Untersuchungen zu danken.

§. 207.

Indess waren unter der grossen Zahl beobachteter Sternenpaare doch nur wenige, in denen eine Veränderung ange-

zeigt war, und diese selbst meistens sehr gering. Zur Bestimmung einer Bahn konnten diese Beobachtungen, selbst wenn andre in der Zwischenzeit angestellte, vorhanden gewesen wären, noch durchaus nicht genügen, und so Grosses auch von diesem einen Manne geleistet war, in Vergleich zu dem, was noch zu thun übrig blieb, um auch nur die Hauptfragen beantworten zu können, war es nur ein schwacher Anfang zu nennen.

Abermals erfolgte ein Stillstand von mehr als einem Decennium, ohne dass Etwas für die Kenntniss dieser Himmelskörper geschah, wenn man einige gelegentliche Beobachtungen an Meridiankreisen ausnimmt. *Herschel* hatte sein langes und ruhmvolles Leben geendet; aber — was grossen Männern so selten zu Theil wird — er hatte das Glück in seinem Sohne auch geistig fortzuleben und fortzuwirken. *John Herschel* hat der Welt bewiesen, dass er eines solchen Vaters vollkommen würdig sei. Im Besitz der schönen Instrumente desselben widmete er sich eifrig diesen Untersuchungen, anfangs in England, wo er mit *James South* von 1819 bis 1833 eine beträchtliche Anzahl von Doppelsternen theils neu entdeckte, theils genau und wiederholt bestimmte, später (seit Anfang 1834) in Feldhausen am Cap der guten Hoffnung, wohin er einen Theil seiner Instrumente versetzt hatte, um auch den noch so wenig durchforschten südlichen Himmel in dieser Beziehung zu beobachten. Bis jetzt sind erst einige vorläufige Resultate dieser wichtigen Untersuchung bekannt geworden; aber hinreichend, um zu zeigen, welchen Reichthum und Mannichfaltigkeit der südliche Himmel auch in dieser Beziehung darbiete.

Gleichzeitig hat *Dawes* in England, mit grossen kraftvollen Werkzeugen versehen, mehrere namentlich die schwierigeren Doppelsterne der Richtung und Entfernung nach gemessen, und einzelne zerstreute Beobachtungen dieser Art besitzen wir auch von *Capt. Smith*, *Amici* und andern Astronomen.

Die bisher genannten grösseren Arbeiten gingen von Beobachtern aus, welche sich ausschliesslich denjenigen Aufgaben der sogenannten physischen Astronomie, bei denen es auf genaue Zeitbestimmungen wenig oder gar nicht ankommt, gewidmet hatten, während die eigentlichen festen Sternwarten, mit andern Untersuchungen, welche nicht ohne Meridianinstrument ausgeführt werden können, vollauf beschäftigt, die Doppelsterne gar nicht oder doch nur gelegentlich beobachtet hatten. Auch diese Scheidewand ist jetzt, und gewiss zum grössten Vortheile der Wissenschaft, gefallen. Die Sternwarten von Dorpat und

Königsberg sind die ersten, welche die Beobachtungen der zusammengesetzten Fixsterne nach einem regelmässigen Plane verfolgten; ihnen haben sich in den allerneuesten Zeiten München und Leyden angeschlossen. — *Bessel* in Königsberg wandte zuerst das Heliometer zu diesen Beobachtungen an. Das treffliche, in Nr. 189. der Astronom. Nachrichten beschriebene Instrument ward im Oct. 1829 aufgestellt, und seit dieser Zeit, mit einem alle Erwartungen überbietenden Erfolge, auch zur Beobachtung der Doppelsterne angewandt. Das Prinzip des Heliometers, durch Verdoppelung der Bilder zu messen, giebt ihm für Differentialbeobachtungen einen entschiedenen Vorzug nicht nur vor Meridianinstrumenten und Kreismikrometern, sondern selbst vor dem Filarmikrometer, besonders was sehr schwache Sterne betrifft, da es keiner Beleuchtung der Fäden oder des Feldes bedarf wie jenes. Insbesondere wählte *Bessel* nach einer Verabredung mit *Struve*, 38 der helleren und merkwürdigern Doppelsterne aus, um durch häufig wiederholte und nahe gleichzeitige Beobachtungen der Distanz und Position die Kraft der beiderseitigen Hülfsmittel und die Uebereinstimmung ihrer Resultate vergleichend zu prüfen. — Doch auch früher schon hatte *Bessel*, bei Gelegenheit seiner Zonenbeobachtungen, diesen Gegenstand sorgfältig beachtet, und wir verdanken ihm die Entdeckung einer nicht geringen Zahl bis dahin noch unbekannter Doppelsterne.

Aber das Höchste, was in diesem so neuen und so unermesslichen Felde bis jetzt geleistet worden, verdanken wir den glänzenden Talenten und der staunenswürdigen Thätigkeit eines Mannes, dem glücklicherweise auch äussere Mittel geboten waren wie bisher keine Sternwarte sich deren rühmen konnte. *Struve* in Dorpat verfolgte, sobald er 1813 als Astronom an der Sternwarte Dorpat angestellt war, seine schon früher gefasste Idee, die Doppelsterne zu untersuchen. Ihm standen damals nur ein 8 f. Meridianinstrument und ein bewegliches 5. f. Fernrohr zu Gebot. War auch die Auffindung dieser Sterne bei ihrer Culmination leicht genug, und die optische Kraft des Meridianfernrohrs unerwartet gross, so konnten doch in diesem nur Rectascensionsdifferenzen, und in dem zweiten, schwieriger anzuwendenden Instrumente, (da es nicht parallaktisch montirt war) nur Richtungswinkel erhalten werden. Erst seit 1821 wo das bewegliche Fernrohr ein Fadenmikrometer erhielt, konnten vollständigere Bestimmungen versucht werden; allein die Hauptarbeit begann, als im J. 1824 der grosse Fraunhofer-

sche Refraktor nach Dorpat kam. Jetzt ward nach einem umfassenden Plane gearbeitet, den sich *Struve* folgendergestalt entworfen hatte

1) Katalogisirung der Doppelsterne.
2) Ortsbestimmung derselben am Meridiankreise.
3) Mikrometermessungen zur Bestimmung der gegenseitigen Entfernung und Richtung.
4) Beobachtungen über die Parallaxendifferenz der als optisch erkannten Doppelsterne.
5) Beobachtungen über den Glanz und die Farben der verschiednen Sterne.

Das erste grössere Werk *Struve's* über diesen Gegenstand ist sein Katalog von 1820. Er enthielt ausser den *Herschel*schen, *Lalande*schen und andern bis dahin bekannten Doppelsternen auch mehrere von *Struve* selbst entdeckte, überhaupt 795 (von denen jedoch nur etwa 500 innerhalb der obigen Grenzen zusammenstehen), ihrem genäherten Orte nach.

Das zweite erschien 1827 und enthält eine genaue, mit dem grossen Refraktor angestellte 2½ jährige Durchmusterung des in Dorpat sichtbaren Himmels bis zum 15° südlicher Abweichung (etwa 120000 Sterne) unter denen sich 3112 Doppelsterne der obigen Klassen, mithin die sechsfache Zahl der früher bekannten, vorfanden. Dieser zweite Katalog enthielt die genäherten Oerter und eine auf Schätzung beruhende Beschreibung und Klassification derselben, nebst mehreren vorläufig abgeleiteten allgemeinen und speciellen Folgerungen.

Das dritte umfassende Werk *Struve's*, das als die wahre Grundlage für alle gegenwärtigen und künftigen derartigen Forschungen betrachtet werden, ja welchem auf dem Gebiete der physischen Astronomie kein einziges an die Seite gestellt werden kann, sowohl was den ungeheuren Umfang der Arbeit, als die innere Vollendung derselben betrifft, ist das im Jahre 1837 unter dem Titel Mensurae micrometricae stellarum duplicium etc. erschienene, welches die wiederholten Mikrometermessungen von 2710 Doppelsternen (mehrere des früheren Katalogs waren, hauptsächlich wegen zu grosser Schwäche des Begleiters, von der Messung ausgeschlossen worden), durchschnittlich jeden 4 mal bestimmt, enthält. Um den Umfang dieser Arbeit zu würdigen, genügt die Bemerkung, dass eine günstige Nacht, wenn man die bequem gelegenen Tagesstunden mitrechnet, im Durchschnitt die Messung von 25 Doppelsternen gestattet. 11050 Messungen, die in allem gemacht

sind, erfordern also 442 heitre Nächte; da man sich aber gewöhnlich mit theilweis heiteren begnügen muss, so steigt die Zahl derer, die diesem Geschäft überhaupt gewidmet werden müssen, noch weit höher.

Ein viertes, seinem Materiale nach fast beendetes Werk, die genauen Ortsbestimmungen der Hauptsterne dieser Systeme enthaltend, wird binnen einigen Jahren erscheinen. Diese Beachtungen sind bis 1826 von *Struve*, seitdem von *Preuss* angestellt worden. — Dieses Werk wird in Verbindung mit dem vorhin genannten, der Nachwelt die Mittel darbieten, physische und optische Doppelsterne zu unterscheiden und — so weit dies überhaupt möglich ist — die Bahnen der erstern und die Parallaxe der letztern zu ermitteln, wozu jetzt nur erst ein schwacher Anfang gemacht werden kann, da jene Umlaufszeiten meistens nach Jahrtausenden berechnet werden zu müssen, und die Parallaxen auf kleine Brüche von Bogensekunden beschränkt zu sein scheinen. Wirklich hat *Struve* bereits den Versuch gemacht, die Parallaxe des Doppelsterns α Lyrae, den er für entschieden optisch betrachtet, zu ermitteln, und findet aus 96 Beobachtungen im Mittel 0″,2613, was auf eine Entfernung von 768000 Sonnenweiten führen würde, aber noch lange fortgesetzter Untersuchungen bedarf. Der grosse Gedanke *Galiläi's*, in einer Zeit, wo die Bewegung der Erde um die Sonne noch inquisitorische Verfolgungen verursachte, durch Beobachtung nahestehender Sterne nnd Ermittelung ihrer jährlichen Parallaxe diese Bewegung zu einer von jeder Theorie unabhängigen Evidenz zu bringen, scheint also endlich in unsern Tagen sich verwirklichen zu wollen. Denn auch noch von einem andern Sterne, 61 Cygni, zwar einem physischen Doppelsterne, aber mit einigen kleinen nahestehenden Sternen zugleich optisch verbunden, hat *Bessel* die Parallaxe bestimmt, worüber bereits oben das Nähere gesagt ist.

Gegenwärtig, wo eine nicht unbedeutende Anzahl von Sternwarten mit Hülfsmitteln versehen ist, wie sie dieser Gegenstand erfordert, steht zu erwarten dass die Kräfte derselben vorzugsweise der Beobachtnng doppelter und vielfacher Sterne gewidmet sein werden. Spiegelteleskope nach *Herschels* Prinzip, achromatische Refraktoren, Heliometer und dialytische Fernröhre werden wetteifern, um einander an Genauigkeit der Resultate zu überbieten. Die Analysis wird die neuen Aufgaben, welche ihr durch diese Beobachtungen gestellt werden, siegreich lösen: die Fixsternkunde wird mehr und mehr in glei-

cher Art behandelt werden können, wie die unseres eignen Sonnensystems, und nach Jahrhunderten werden die Ephemeriden die gegenseitige Stellung der einzelnen Glieder jener grossen Systeme eben so vorausverkündigen, wie jetzt die Planetenörter.

§. 208.

Nach dieser geschichtlichen Darstellung wollen wir zu einer näheren Betrachtung der gewonnenen Resultate übergehen und ihnen einige numerische Uebersichten vorauschicken.

Die Zahl der Doppelsterne bei *Struve* beträgt, nach den verschiedenen Klassen und Ordnungen:

	mit helleren	— mit schwächeren Nebensternen
Cl. I.	62	29
II.	116	198
III.	133	402
IV.	130	452
V.	54	298
VI.	52	179
VII.	54	429 (VII. und VIII.)
VIII.	52	
	653	1987

Unter den erwähnten 2641 Sternenpaaren sind mit einbegriffen:

64 dreifache Sterne
3 vierfache
1 fünffacher (nach neuern Forschungen 7 facher).

Nimmt man dagegen für diese mehrfachen Sterne etwas weitere Grenzen als 32″ an, so erhält man bis zu 75″ Distanz hin überhaupt:

113 dreifache
9 vierfache
2 fünf- und mehrfache.

Unter den helleren Doppelsternen sind in Beziehung auf Farbe 596 Paare untersucht und diese ergeben folgende Verhältnisse:

A. Sterne von gleicher Farbe:

Glänzend weiss	78 Paare	gelb	11	„
weiss	217 „	goldfarbig	2	„
weissgelb	27 „	grün	5	„
gelblich	35 „			
			375	„

B. Sterne von ähnlichen (verwandten) Farben:

Gelb und Weiss	30	Paare
Weiss und Blau	53	„
Beide gelb, aber von verschiedenem Grade	13	„
Beide blau von verschiedenem Grade . .	5	„
	101	

C. Sterne von ganz verschiedenen Farben.

Gelb und blau	52	Paare
Gelb und bläulich	52	„
Grün und blau	16	„
	120.	

Am häufigsten ist der Begleiter, wenn er überhaupt eine Farbe hat, bläulich. Der bläuliche Begleiter findet sich

bei weissen Hauptsternen		53	mal
bei gelblichen	„	52	„
bei gelben	„	52	„
bei grünen	„	16	„

Zu den gelben sind auch hier die röthlichen gerechnet; so wie zu den blauen die aschfarbenen und purpurfarbenen. Von letzterer Art finden sich 13 Begleiter.

§. 209.

Dies mag eine Vorstellung von dem Reichthum des Gegenstandes geben, den aufmerksame Beobachtung uns kennen gelehrt hat. Zunächst entsteht nun die Frage: Sind diese Doppelsterne physisch oder optisch, und welche Mittel besitzen wir zur Entscheidung dieser Frage.

Man kann diese Frage in zwiefacher Beziehung betrachten.

α) Aus der Gesammtzahl der Sterne innerhalb gewisser Grössen untersucht man nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, wieviel Sternpaare durchschnittlich in den verschiednen Klassen am Himmel vorkommen würden, wenn sie sämmtlich optisch, d. h. nur durch ihre zufällige Stellung in Beziehung auf unsern Standpunkt Doppelsterne wären. Die so gefundenen Zahlen, verglichen mit der Anzahl der wirklich vorhandenen geben sodann den allgemeinen Maassstab der Wahrscheinlichkeit für die eine oder die andere Annahme.

β) Aus dem gegenseitigen Verhalten der beiden Sterne jedes einzelnen Paares, namentlich aber aus ihren Be-

wegungen, kann theils mit Gewissheit, theils mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit für die eine oder die andre Annahme entschieden werden.

Wäre es möglich die Fixsternparallaxe mit hinreichender Genauigkeit kennen zu lernen, so würde die einfachste Entscheidung der Frage gegeben sein: Doppelsterne mit gleichen Parallaxen wären physische, mit verschiedenen optische. Auf Anwendung dieses Mittels aber werden wir, wie es wenigstens jetzt den Anschein hat, wohl für immer verzichten müssen.

Ad α) sei die Anzahl der Fixsterne bis zu einer gegebenen Grössengrenze hin n, so lassen sich aus ihnen $\frac{n.(n-1)}{2}$ Paare bilden, und in einem gegebenen Raume, der $\frac{1}{m}$ des gesammten Himmelsraumes beträgt, werden also der Wahrscheinlichkeit nach $\frac{n.(n-1)}{2m}$ optische Doppelsterne vorkommen. Der Radius enthält 206265 Sekunden des grössten Kreises, die Kreisfläche mithin $206265^2.\pi$ solcher Räume, die 1″ lang und breit sind, und die Kugeloberfläche $4 \times 206265^2.\pi$. Nimmt man nun die Doppelsterne bis zu β Sekunden scheinbarer Distanz, so ist der Raum, den ein mit diesem Abstande beschriebener Kreis am Himmel einnimmt, durch $\beta^2\pi$ gegebenen, er ist also $= \frac{\beta^2}{4 \times 206265^2}$ des Himmels. Diesen Werth für $\frac{1}{m}$ in den obigen Ausdruck gesetzt, so werden Doppelsterne innerhalb der bezeichneten Grenzen und Grösse am Himmel gefunden werden $\frac{n.(n-1).\beta^2}{8 \times 206265^2}$.

Für die einzelnen Distanzklassen ergiebt dies *folgende* Werthe der Distanz, bei welchen die eingeklammerten Zahlen briggische Logarithmen der Divisoren vorstellen:

Von 0″ bis 1″ Distanz $\frac{n.(n-1)}{[11,5299402]}$

„ bis 2″ „ $\frac{n.(n-1)}{[10,9298802]}$

„ bis 4″ „ $\frac{n.(n-1)}{[10,3278202]}$

Von 0″ bis 8″ Distanz $\frac{n\,.\,(n-1)}{[9{,}7267602]}$

„ bis 12″ „ $\frac{n\,.\,(n-1)}{[9{,}3735777]}$

„ bis 16″ „ $\frac{n\,.\,(n-1)}{[9{,}1237002]}$

„ bis 24″ „ $\frac{n\,.\,(n-1)}{[8{,}7715277]}$

„ bis 32″ „ $\frac{n\,.\,(n-1)}{[8{,}5216402]}$

Es kommt also nur auf die Ermittelung von n an. Unsre Sternverzeichnisse sind noch nicht so weit durchgeführt, dass wir mit einiger Gewissheit die Zahl der Sterne bis zur 8. oder noch geringeren Grössen angeben könnten, indess kann nachgewiesen werden, dass bis zur 8. Grösse gewiss nicht **100000** Sterne vorkommen. Setzt man also n = **100000**, so findet, sich, dass für den von *Struve* untersuchten Theil des Himmels der Wahrscheinlichkeit nach an optischen Doppelsternen vorkommen würden

in Kl.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Doppelsterne	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{4}{7}$	$2\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$5\frac{1}{4}$	15	21
und wirklich vorkommen	62	116	133	130	54	52	54	52
folglich sind unter ihnen	62	116	132	128	50	47	39	31

der Wahrscheinlichkeit nach, physische.

Diese Untersuchung betrifft die helleren Doppelsterne, und man kann also annehmen, dass in der 1. und 2. Klasse alle, und in den übrigem bei weitem die meisten zu den physischen gehören, da unter 653 Paaren sich nur 48 optische, hingegen 605 physische, der Wahrscheinlichkeit nach, vorfinden.

Für die schwächeren Sterne ist es noch weniger möglich, zu einer Entscheidung zu gelangen, indess ist leicht einzusehen dass die Zahl der optischen, wegen des bedeutend grösseren n, bei ihnen nicht so unerheblich sein, dass vielmehr in der VII. und VIII. Klasse die meisten blos optisch sein dürften. Für die ersten Klassen lässt sich hingegen darthun, dass die meisten, auch bei den schwächeren Sternen, physisch doppelt sind. Da nämlich, wenn n constant ist, die wahrscheinliche Anzahl der Doppelsterne bis zur Distanz β hin sich wie

das Quadrat von β verhält, so würden die Verhältnisszahlen für die verschiedenen Klassen die folgenden sein:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Verhältnisszahlen	1.	3.	12.	48.	80.	112.	320.	448.

Bei den Messungen *Struve's* sind 333 Sterne der 7. und 8. Klasse blos der Schwäche des Hauptsterns wegen ausgeschlossen worden, ein Grund, der bei den 6 ersten Klassen nicht geltend gemacht worden ist. Werden diese wieder hinzugezählt, so erhalten wir in den obigen Klassen.

29 198 402 452 298 179 762;

woraus man sieht, dass die letztern Zahlen ein durchaus verschiednes Verhältniss befolgen als die erstern. In Ermangelung bestimmter Daten für n wollen wir, um gewiss nicht zu viel physische herauszubringen, annehmen, dass in den beiden letzten Klassen die optischen bereits das doppelte Uebergewicht haben d. h. dass unter 3 Doppelsternen zwei optische und nur ein physischer seien, folglich unter 762 wirklich vorhandenen 508 optische, 254 physische. Dann wird die Einheit für die obigen Verhältnisszahlen $= \frac{508}{320 + 448} = 0,66$, mithin der Wahrscheinlichkeit nach

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII. VIII.
Optische Doppelsterne	1.	2.	8.	32.	53.	74.	508.
Folglich physische	28.	196.	394.	420.	245.	105.	254;

folglich ist auch hier in den 6 ersten Klassen die Zahl der physischen überwiegend, nur in geringerem Maasse als bei den helleren Sternen.

Struve hat in seinem Catalogus diese Untersuchung auch auf die Doppelsterne über 32″ Distanz, so wie auf die dreifachen Sterne, ausgedehnt. Beschränkt man sich bei diesen bis auf 7. Grösse als untere Grenze, so finden sich am Himmel, nach den *Harding*schen Karten

			Die Wahrscheinlichkeitsrechnung giebt:
Doppelsterne von	32″ bis 1′ Distanz	15	$1\frac{1}{2}$
	1′ bis 2′ „	15	$6\frac{1}{2}$
	2′ bis 5′ „	17	$7\frac{3}{4}$
	5′ bis 10′ „	38	$27\frac{1}{2}$
und bis zur 6. Gr. incl.	10′ bis 15′ „	25	$21\frac{1}{2}$

so dass auch unter diesen Sternpaaren, bis zu 5′ Distanz hin, der physische Nexus häufiger und für das einzelne Paar also wahrscheinlicher ist als der blos optische; und dass nur bei den letzteren, von mehr als 5′ Distanz (die auch schon scharfen blossen Augen als doppelt erscheinen), die grössere Wahrscheinlichkeit auf die entgegengesetzte Seite fällt.

Ueberhaupt aber zeigt der Fixsternhimmel an mehreren Stellen Anhäufungen sehr heller oder beträchtlich vieler Sterne, bei denen es ohne alle Rechnung einleuchtet, dass hier nicht blos der optische Zufall walte.

§. 210.

Sind Sternpaare zu den physischen zu zählen, so werden sie auch eine gegenseitige Wirkung auf einander ausüben, welche die etwanigen Wirkungen andrer Körper weit überwiegt, sie werden also ein System bilden. In Folge dessen werden sie um einander, oder um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, Bahnen beschreiben, wodurch ihr gegenseitiger Richtungswinkel (Position) und in den meisten Fällen auch die Distanz geändert werden muss; sie werden ferner, wenn noch eine anderweitige Bewegung im Weltraume statt findet, diese letztere gemeinschaftlich haben, wie Erde und Mond die Bewegung um die Sonne. Beides wird, wenngleich oft erst nach vielen Jahren, durch Beobachtungen von der Erde aus erkannt und mithin die ad β) erwähnte specielle Entscheidung herbeigeführt werden können.

Unter den 560 Sternen, welche *Argelander* in Bezug auf eigne Bewegung untersucht hat, kommen 53 *Struve*sche Doppelsterne vor, unter diesen konnnten 41, da die eigne Bewegung ausser Zweifel gesetzt, und die Sterne bereits von *Herschel* beobachtet waren, in Bezug auf die Natur ihrer Duplicität untersucht werden. Das Resultat ist, dass in 40 von diesen Sternenpaaren der Haupt- und Nebenstern die gleiche eigne Bewegung verfolgt haben und folglich für Systeme gehalten werden müssen, während nur einer (δ Equulei) sich entschieden als optischer Doppelstern gezeigt hat.

Ferner finden sich 27 Sternpaare von 32″ — 7′ Distanz, die sowohl in *Argelanders* Catalog als bei *Struve* und *Herschel* vorkommen. Unter diesen ergiebt die Untersuchung 14 physische, 9 optische und 4 noch zweifelhafte Doppelsternpaare.

Den entscheidendsten, aber freilich auch schwierigsten Beweis muss nun die Bewegung im Systeme selbst darbieten, und auf diese sind dann auch vorzugsweise die Bemühungen der Beobachter gerichtet gewesen. Nur ist nicht zu erwarten, dass man hierin schon so weit sein könne als bei den Bewegungen der übrigen Weltkörper. Von *Herschel* finden sich nur wenige vereinzelte und noch dazu sehr unsichre Data; *Herschel's* des Vaters Bestimmungen, so sehr sie auch alle früheren an Planmässigkeit, Anzahl und Genauigkeit übertreffen, sind doch den neueren nicht gleich zu setzen, und diese letztern, allein unter sich verglichen, können wegen des kurzen Zeitraums nur selten eine Andeutung von einer solchen Bahnbewegung geben. In einigen Jahrhunderten wird die Astronomie an Kenntnissen dieser Art reich sein, gegenwärtig kann kaum der 50. Theil der Doppelsterne in die Klasse derer gesetzt werden, wo die Andeutung einer Bahnbewegung mit Sicherheit aus den Beobachtungen folgt. Aber selbst dies Wenige hat zu äusserst wichtigen Aufschlüssen geführt, wovon in den folgenden Abschnitten die Rede sein wird. Hier genüge die Bemerkung, dass unter 2640 Sternen

bei 58 Paaren die Stellungsveränderung mit Gewissheit erkannt
bei 39 „ überwiegend wahrscheinlich,
bei 66 „ angedeutet, aber noch sehr ungewiss ist; und
bei 2487 „ noch keine Spur derselben bemerkt worden.

Es kann demnach dieser letztere Umstand bis jetzt nur noch in wenigen Fällen zur Entscheidung benutzt werden, obwohl er die Sache selbst, dass es nämlich physische Doppelsterne gebe, ausser Zweifel setzt.

Ein specieller Fall scheint indess noch eine besondre Beachtung zu verdienen. Ein Stern kann um einen andern eine Bahn zu beschreiben scheinen und gleichwohl optisch sein, während ein andrer, der sich scheinbar in Ruhe befindet, eine solche Bahn wirklich beschreibt und folglich physisch ist.

§. 211.

Untersuchen wir jetzt diesen Fall etwas genauer.

Ein physisch verbundener Begleiter muss, während er an der eignen Bewegung des Hauptsternes Theil nimmt, zugleich einen Kegelschnitt um denselben beschreiben. Beides kann sich schon in kurzer Zeit zeigen und (wie namentlich in dem Falle von 61 Cygni) schon nach 5 bis 10 Jahren ausser Zweifel gesetzt sein, bei andern dagegen können eben so viele Jahrhunderte vergehen, ohne dass selbst durch die sorgfältig-

sten und zahlreichsten Beobachtungen eine Entscheidung herbeigeführt werden kann: wenn nämlich beide Bewegungen, die kreisende des Begleiters und die eigne des Hauptsterns, unmerklich sind. Unter der grossen Zahl der Fixsterne finden sich noch nicht ein halbes Tausend, bei denen die eigne Bewegung gewiss ist, obwohl es keinem Zweifel unterliegt dass diese Zahl sich fortwährend vergrössern müsse. Allein gewiss werden Jahrhunderte verfliessen, bis von der Mehrzahl der bis jetzt aufgefundenen Doppelsterne die eigne Bewegung aufgefunden ist, da sich unter ihnen gar manche befinden mögen, die in einem Jahrhundert noch nicht um eine Bogensekunde fortrücken. Alsdann aber kann in einem sehr möglichen Falle die kreisende Bewegung des Begleiters der einen des Hauptsterns (die folglich dem Begleiter auch zukommt) ganz oder nahezu entgegengesetzt und zugleich, lineär gemessen, ihr beiläufig gleich sein, und so wird man aus den Beobachtungen auf einen optischen Doppelstern schliessen, wo in der That ein physischer vorhanden ist.

Eben so nahe liegt der umgekehrte Fall: zwei hintereinander stehende Sterne haben jeder eine verschiedne eigene Bewegung, sie ist aber für beide so gering oder auch so wenig verschieden, dass ihre gegenseitige Stellung sich nach einem langen Zeitraum nur um eine Kleinigkeit geändert hat und sie nach wie vor Doppelsterne einer gewissen Klasse sind. Die scheinbare Bewegung des Begleiters wird nun zwar, absolut genommen, in diesem Falle gradlinigt sein, da wir annehmen müssen, dass die wenigen Bogensekunden um welche wir Fixsterne fortrücken sehen, uns als grade Linie erscheinen: nichts desto weniger aber wird auch so das Prinzip der gleichen Flächenräume sich scheinbar bestätigt finden und man erst nach sehr langer Zeit sich überzeugen, dass die Bewegung des Nebensterns keine solche sei, die sich auf den Hauptstern bezieht. Mit entschiedener Gewissheit wird sich also der physische Doppelstern erst dann als solcher bewähren wenn die Beobachtungen uns überzeugen, dass die Curve seiner Bewegung eine stärkere Abweichung von der graden Linie zeige als die, welche die noch möglichen Beobachtungsfehler bewirken könnten und wenn diese Curve zugleich gegen den Hauptstern hin concav ist; der optische hingegen, wenn die Bewegung des Begleiters als eine grade Linie erkannt, und zugleich so beträchtlich ist, dass man sie nicht mehr als Theil einer projicirten kreisenden Bahn betrachten kann. Mit andern Worten:

ein optischer Doppelstern kann dies nur einen bestimmten Zeitraum hindurch bleiben (eine Zeit die sich aber auf mehrere Jahrhunderte erstrecken kann), ein physischer dagegen wird zu allen Zeiten als Doppelstern erscheinen.

Es ergiebt sich hieraus, wie wichtig es sei, die Messungen nicht etwa blos nach Verlauf eines langen Zeitraums zu wiederholen, sondern auch in der Zwischenzeit möglichst zahlreiche Bestimmungen zu geben. Glücklicherweise wird diese unsre Unkenntniss für die Praxis der Beobachtungen ohne Nachtheil bleiben und die Nachkommen deshalb nicht später zum Besitz bestimmter und genauer Resultate gelangen; denn da die Beobachtungen, durch welche bei optischen Doppelsternen die Parallaxe erhalten wird, nicht verschieden sind von denen, wodurch man bei physischen die Bahn erhält, so kann der beobachtende Astronom nicht im Zweifel sein, was er zu thun habe. Beobachtet man — wie *Struve* und *Bessel* stets gethan haben — Positionswinkel und Distanz gleichzeitig, und nicht etwa getrennt an verschiedenen Tagen, so fällt auch jede Rücksicht auf die Wahl des Zeitpunktes weg, wo die etwanigen parallaktischen Diffferenzen ihr Maximum erreichen. Stets wird nämlich die Distanz dem Sinus, die Position dem Cosinus eines gewissen Winkels, der für beide Coordinaten derselbe ist, proportional sein, mithin die Differenzen wechselsweise für die Distanzen im Maximo stehen wenn die für den Positionswinkel gleich Nnll sind, und umgekehrt.

§. 212.

Man kann übrigens noch manche andre Wege der Betrachtung einschlagen, die sich sämmtlich in dem gleichen Resultat vereinigen. So finden sich z. B. unter den hellern Sternen mehr Doppelsterne als unter den schwächern. Unter 100 Sternen fand *Struve*

bei 1. bis 3.	Grösse	18	Doppelsterne
bei 4. bis 5.	„	13	„
bei 6. bis 7.	„	8	„

während bei noch schwächeren, bis zur 9. Grösse, die Anzahl nur auf 3 — 4 für jedes Hundert steigt. Bei blos optischen Doppelsternen wäre gar kein Grund dieses Unterschiedes aufzufinden, bei physischen erklärt er sich sehr leicht und natürlich.

Ferner ist der Unterschied des Glanzes bei den beiden ein Doppelsternpaar bildenden Sternen weit geringer, als nach

Verhältniss der Verschiedenheit der Sterngrössen im Allgemeinen erwartet werden müsste, und dieser Unterschied ist desto geringer, je kleiner der scheinbare Abstand der beiden Sterne gefunden wird. Bei Zugrundelegung der von *Struve* angegebenen Grössen der Haupt- und Nebensterne, so wie ihrer Distanzen, finde ich nämlich, wenn 3 verschiedne Abtheilungen gemacht werden, welche, nach den Hauptsternen geordnet, in der ersten die bis 5,9 Helligkeit, in der zweiten die bis 8,2, in der dritten die unter 8,2 enthalten, folgende Resultate.

Klasse	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	Summa.
a) Zahl der Sternenpaare.									
Abtheilung A.	13	16	39	36	16	24	26	12	182
B.	64	193	303	355	205	137	333	227	1817
C.	12	107	188	195	140	71	131	82	926
	89	316	530	586	361	232	490	321	2925
b) Mittlere Helligkeit des Hauptsterns.									
A.	$4^m,96$	4,92	4,60	4,611	4,331	4,596	4,804	4,500	$4^m,654$
B.	7,360	7,472	7,467	7,516	7,432	7,443	7,477	7,582	7,484
C.	8,530	8,568	8,628	8,667	8,691	8,573	8,618	8,584	8,602
Mittel.	7,170	7,711	7,514	7,721	7,783	7,495	7,638	7,723	7,641
c) Mittlere Helligkeit des Nebensterns.									
A.	$6^m,28$	6,54	7,04	7,585	7,656	8,025	8,592	9,158	$7^m,567$
B.	7,990	8,420	8,957	9,096	9,206	9,161	9,424	9,807	9,128
C.	8,860	9,421	9,403	9,597	9,726	9,720	9,678	9,711	9,552
Mittel.	7,860	8,618	8,820	9,164	9,339	9,215	9,451	9,758	9,145

Klasse	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	Summa
d) Mittlere Unterschiede des Haupt- und Nebensterns.									
Abtheilung A.	1,m32	1,53	2,44	2,874	3,325	3,429	3,788	4,658	2,m913
B.	0,630	0,948	1,490	1,580	1,774	1,718	1,947	2,225	1,644
C.	0,330	0,853	0,775	0,930	1,035	1,147	1,060	1,127	0,950
Mittel.	0,690	0,907	1,306	1,443	1,556	1,720	1,813	2,035	1,504
e) Mittlerer Unterschied des hellern und schwächern Sterns bei optischen (zufälligen) Doppelsternen, nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung bestimmt.									
A.	5,m258	5,296	5,609	5,599	5,863	5,707	5,409	5,703	5,m549
B.	2,942	2,841	2,845	2,797	2,876	2,867	2,837	2,736	2,825
C.	1,885	1,852	1,800	1,763	1,745	1,848	1,808	1,837	1,820
Mittel.	3,117	2,616	2,799	2,605	2,551	2,811	2,688	2,603	2,685
f) Abweichung des Resultats der Beobachtung von der Wahrscheinlichkeitsrechnung.									
A.	—3,m938	— 3,766	— 3,169	— 2,725	— 2,528	— 2,278	— 1,621	— 1,045	—2,m636
B.	—2,612	— 1,893	— 1,355	— 1,217	— 1,102	— 1,151	— 0,890	— 0,511	—1,181
C.	—1,555	— 0,999	— 1,025	— 0,833	— 0,710	— 0,701	— 0,748	— 0,710	—0,870
Mittel.	—2,427	— 1,707	— 1,493	— 1,162	— 0,995	— 1,091	— 0,875	— 0,568	—1,181

Die Zahlen der Tabelle e) sind nach den möglichst geringsten Annahmen über die Zahl der teleskopischen Sterne, und unter der Voraussetzung, dass die untere Grenze der *Struve*schen Katalogisirung die 11. für den Nebenstern sei, ermittelt worden. Die Zahlen derselben sind demnach eher zu klein als zu gross, und der Unterschied in f) jedenfalls ein reeller, der darauf hindeutet, dass die Wahrscheinlichkeit der physischen Natur der Doppelsterne in allen Klassen im Allgemeinen überwiegend sei, und zugleich, dass bei den Doppelsternen von geringen Distanzen die Unterschiede der Helligkeit gleichfalls geringer sind als bei denen von grösserem Abstande.

Wäre der geringere scheinbare Abstand ganz oder grösstentheils Folge der grösseren Entfernung von der Erde, so wäre die zuletzt erwähnte Verschiedenheit unerklärbar, es muss also angenommen werden dass die Doppelsterne von geringeren scheinbaren Distanzen der Mehrzahl nach einander auch wirklich näher stehen.

§. 213.

Zu eben demselben Schlusse ist *Struve* durch eine andre Betrachtung gelangt: er fand nämlich, dass nicht nur die meisten, sondern auch die raschesten Winkelbewegungen bei Sternen von geringen scheinbaren Distanzen vorkommen. Wären sie weiter als andre von uns entfernt, so sieht man leicht, dass das Gegentheil statt haben müsste. Die Eintheilung in Klassen nach der zunehmenden scheinbaren Distanz ist also keineswegs eine blos äusserliche, für die Praxis des Beobachters angeordnete, sondern sie hat eine wesentliche Beziehung auf die Natur der Doppelsterne selbst.

Hierher gehört auch die Bemerkung, dass in den drei- und mehrfachen Systemen gewöhnlich die entfernten Begleiter die schwächeren sind, während die näheren sich oft wenig oder gar nicht vom Hauptstern unterscheiden. So findet es sich z. B. bei den bekannten 3fachen Sternen ζ Cancri und ξ Librae. In den uns bekannten Systemen der Sonne, des Jupiter und Saturn waltet das entgegengesetzte Prinzip, die entferntern Körper sind hier die bedeutendern. — Aber die Doppelsterne stehen auch in einem ganz andern gegenseitigen Verhältniss als die Planeten und Kometen eines Sonnensystems; es sind l e u c h t e n d e Körper, die sich um andre l e u c h t e n d e bewegen, und überhaupt dürfen wir nicht vergessen, dass aus der grössern oder geringern Helligkeit nur dann ein verhältnissmässig eben so grosser Unterschied der Oberflächen gefolgert

werden kann, wenn man die absolute Leuchtungsfähigkeit der beiden Sterne gleich setzt, was besonders bei verschiednen Farben sehr unwahrscheinlich ist. In Betreff dieser Farben sind hier noch einige Bemerkungen zu machen.

Mehrere haben die reelle Existenz einer Farbenverschiedenheit bei Fixsternen in Zweifel gezogen nnd sie auf Rechnung von Nebenumständen oder der subjectiven Auffassung gesetzt. Insbesondere hat man für die Fälle, wo der gelbe (oder rothe) Stern einen blauen oder grünen Begleiter hat, in den sogenannten Complementarfarben die Erklärung zu finden geglaubt. Es ist möglich, dass in einzelnen Fällen der Gegensatz dadurch scheinbar verstärkt wird, aber gewiss wird Niemand, der die Farben eines Doppelsterns wie *γ Delphini* oder *α Herculis* einmal recht ins Auge gefasst hat, der obigen Erklärung als einer genügenden beipflichten. Um sich völlig vom Gegentheile zu überzeugen, schlägt *Struve* vor, bei gefärbten Sternen von hinreichender Distanz den einen aus dem Felde des Fernrohrs zu bringen. Eine blosse Complementarfarbe des andern Sterns müsste in diesem Falle verschwinden, was jedoch keinesweges geschieht. — Auch sind die Verbindungen selbst, wie man aus der obigen Zusammenstellung sieht, viel zu verschiedenartig, um eine solche Annahme allgemein zu gestatten.

Man sieht aus dem Bisherigen, dass alle gegenwärtigen Beobachtungen und Untersuchungen nichts weiter sind und sein können, als die ersten rohesten Anfänge in einer gänzlich neuen Wissenschaft, die schüchternen Versuche auf einem noch unbetretenen Wege von unermesslicher Länge, der aber mit jedem gelungenen Schritte belohnender wird und unserm forschenden Geiste fort und fort reichere, erhebendere Genüsse verspricht. Denn unmöglich ist es, dass die kommenden Zeiten mit den ihnen zu Gebote stehenden Hülfsmitteln nicht den grössten Fleiss und Eifer auf Erforschung dieses Gegenstandes verwenden sollten, der unsre bisherigen Bemühungen schon so überreich belohnt hat. Noch ist es zwar nicht möglich, den Gang der Forschungen für alle Folgezeiten vorzuzeichnen. Neue Gesichtspunkte werden sich eröffnen, neue Fragen aufgestellt, neue Hülfsmittel und Methoden der Beobachtung in Anwendung gesetzt werden müssen, von denen jetzt noch Niemand eine Ahnung haben kann, aber dies ist der Gang aller geistigen Thätigkeit des Menschen. Unsern Vorfahren war das Innere des Fixsternhimmels ein verschlossenes Buch. Wir ha-

ben es eröffnet und das Verständniss einzelner Zeichen und Buchstaben hat so eben für uns begonnen; unsre Nachkommen werden es einst lesen, und wie das Planetensystem sie bereits gefunden hat, so wird auch das Fixsternheer, ja das gesammte Universum, wenn die rechte Zeit gekommen sein wird, seinen *Copernicus*, *Kepler* und *Newton* finden.

§. 214.

Eine der wichtigsten Fragen, welche die fortgesetzten Beobachtungen der physischen Doppelsterne beantworten müssen, betrifft das Gesetz der Schwere. Seine Allgemeinheit für das Sonnensystem steht ausser allem Zweifel fest; der bedeutungsvolle Umstand, dass gar kein einfacheres Gesetz gedacht werden kann, bei welchem Bahnen bestehen, macht es höchst wahrscheinlich dass es auch für die Fixsternwelt gelte, allein die Wissenschaft, die sich mit keiner noch so grossen Wahrscheinlichkeit a priori begnügen kann, wo die Möglichkeit gegeben ist, einst Gewissheit zu erlangen, muss auch die Forderung stellen, dies Gesetz aus den Beobachtungen direkt zu beweisen. Die Bedingungen die aus dem *Newton*schen Gesetz abgeleitet werden können und durch die Beobachtungen bestätigt werden müssen, wenn das Gesetz seine Anwendung finden soll, sind nun folgende:

1) die Bahn eines Gestirns muss ein Kegelschnitt sein, dessen Brennpunkt der Schwerpunkt der Bewegung ist.

2) Der Radius Vector des umlaufenden Körpers muss in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume zurücklegen; woraus ferner folgt:

3) das Quadrat des Radius Vector, multiplizirt mit dem Differentialquotienten des Positionswinkels, muss ein constantes Produkt geben.

4) Eben so muss das Produkt der anziehenden Masse in den Cubus der Distanz des angezogenen Körpers, dividirt durch das Quadrat von dessen Umlaufszeit, eine Constante sein.

§. 215.

Die letztere Bedingung kann aus den Beobachtungen nur dann geprüft werden, wenn zwei oder mehrere Begleiter sich um einen Hauptstern bewegen. Sie bleiben, wie *Encke* gezeigt hat, sämmtlich gültig, wenn man einen der beiden Sterne (am natürlichsten den helleren) als ruhend betrachtet, und die Bewegung des Begleiters, statt auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt, auf diesen bezieht. — In einer projicirt gesehenen Bahn bleibt die erste Bedingung mit der Ausnahme gültig, dass

der ruhende Stern nicht mehr im Brennpunkte des verkürzt gesehenen Kegelschnittes liegt; die zweite und dritte dagegen erleiden keine Modifikation, der Neigungswinkel der Bahnebene gegen unsre Gesichtslinie sei welcher er wolle; denn die optisch verkürzten Flächenräume sind in allen Theilen der Ebene den wahren proportional.

Kann man bei Berechnung einer Bahn nicht mehr Beobachtungen benutzen als Elemente zu bestimmen sind, so kann auch aus den Resultaten nichts für die Richtigkeit des angewandten Gesetzes direkt gefolgert werden. Denn aus beliebig gewählten sieben Angaben (z. B. 4 Positionswinkeln und 3 zugehörigen Distanzen) wird man in den meisten Fällen einen ihnen entsprechenden Kegelschnitt ableiten können, obgleich wenn das *Newton*sche Gesetz in diesem Systeme nicht gültig wäre, diese Oerter gar wohl einer andern Curve angehören könnten.

Sind aber noch mehrere Beobachtungen vorhanden, auf welche die aus jenen gefundenen Elemente angewandt werden können, oder hat man auf irgend welche Weise mehr Beobachtungen, als die Theorie erfordert, zur Bahnbestimmung benutzt, so giebt die Uebereinstimmung der einzelnen Daten mit den aus den Elementen berechneten Oertern, innerhalb der Grenzen, welche als wahrscheinliche Beobachtungsfehler angesehen werden können, einen direkten Beweis für die Richtigkeit des angewandten Gesetzes ab. Allerdings aber werden diese Fehlergrenzen, in Beziehung auf die Kleinheit der beobachteten Grössen, in den meisten Fällen einen so grossen Spielraum einschliessen, dass auch bei einer in Absicht auf die Beobachtungen selbst genügenden Uebereinstimmung doch der Grad der erlangten Gewissheit bei weitem hinter demjenigen zurück bleibt, der in andern astronomischen Aufgaben erlangt werden kann und welcher wünschenswerth sein muss, wo es sich um Bestätigung eines Naturgesetzes handelt. Ueberhaupt aber werden für jetzt nur eine sehr beschränkte Anzahl von Bahnen vollständig, und selbst diese nur als rohe Näherungen, berechnet werden können.

Die zweite und dritte der obigen Bedingungen wird man auch an solchen Sternenpaaren prüfen können, wo die Stücke der Curve, welche beobachtet sind, noch nicht hinreichen, sich über ein System von Elementen für die Bahn zu entscheiden. Kann man für drei weder zu weit entlegene, noch auch zu nahe Epochen, die Positionswinkel und Distanzen aus den Beobach-

tungen ableiten; oder besser noch für zwei Epochen die Distanzen nebst den Positionen und ihren Differentialquotienten, so können auch diese beiden Bedingungen (die 2te *Kepler*sche Regel) daran geprüft werden.

Im erstern Falle können wir annehmen, dass die Dreiecke zwischen den aufeinanderfolgenden Oertern sich wie die elliptischen Sektoren verhalten, da die überschiessenden Segmente, wenn die Winkel am Hauptsterne nahe gleich und nicht zu gross sind, diesen Dreiecken nahe proportional und überdiess nur von geringem Belange sein werden. Seien sodann die beobachteten Winkel p, p′, p″, die zugehörigen Zeiten t, t′, t″ und die Distanzen r, r′, r″, so hat man die beiden Dreiecke

$$\frac{rr' \sin (p'-p)}{2} \text{ und } \frac{r' r'' \sin (p''-p')}{2}$$

und es muss also, wenn man von den elliptischen Segmenten einstweilen absieht, die Proportion statt finden:

$$r \sin (p'-p) : r'' \sin (p''-p') = (t'-t) : (t''-t').$$

Am besten scheint es, wenn die beiden Winkel nicht weit von 30° entfernt sind. — Die Erfüllung dieser Bedingung in einer überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Systeme würde die obige Frage bejahen; einzelne übriggebliebene Abweichungen würden aber nicht nothwendig auf Ausnahmen vom Gesetze der Schwere führen, sondern müssten einer fortgesetzten Untersuchung unterworfen werden, denn theils zufällige Beobachtungsfehler, theils die Vernachlässigung der noch unbekannten Segmente kann Ursach sein, dass die Bedingung nicht erfüllt wird.

Sicherer noch scheint die zweite Methode, denn bei der Beschaffenheit des gegenwärtig vorhandenen und auch in der nächsten Zukunft zu erwartenden Materials dürfte es leichter sein, für zwei Epochen die Positionswinkel mit ihren Differentialen, als für drei derselben die Winkel allein mit gehöriger Sicherheit abzuleiten. Sind demnach für zwei Epochen die Grössen p, $\frac{dp}{dt}$ und r bekannt, so muss die Gleichung

$$\frac{dp}{dt} r^2 = \frac{dp'}{dt} r'^2$$

durch die Beobachtungen erfüllt werden*). Zur noch grösse-

*) Da man aus 2 oder 3 Beobachtungen dp nicht mit gehöriger Sicherheit finden dürfte, bei einer grössern Anzahl aber des grössern

ren Versicherung kann man auch noch den Ausdruck $\frac{rr' \sin(p'-p)}{t'-t}$ berechnen, der jedenfalls $< \frac{dp}{dt} \cdot r^2$ sein muss, da er nur durch Hinzufügung des elliptischen Segmentes dem letztern gleich werden könnte.

Die sicherste Prüfung wird erhalten werden, wenn man dahin gelangt ist, eine Bahn vollständig aus den Positionswinkeln allein abzuleiten, aus den so erhaltenen Elementen die relativen Distanzen zu berechnen und diese mit den (bis dahin unbenutzten) beobachteten Distanzen zu vergleichen. Sind diese innerhalb der wahrscheinlichen Fehlergrenzen den berechneten proportional, und haben zugleich die Positionswinkel einzeln der berechneten Bahn entsprochen, so muss angenommen werden dass das gewählte Gesetz das richtige sei.

Unter den mehrfachen Systemen, durch welche man allein im Stande wäre die vierte der obigen Bedingungen zu prüfen, finden sich nur zwei dreifache, ζ Cancri und ξ Librae, in denen eine Umlaufsbewegung beider Begleiter um den Hauptstern mit Gewissheit erkannt ist. In beiden Systemen ist zu erwarten, dass man nach etwa 20 — 30 Jahren die Elemente der Bewegung des näheren Begleiters mit ziemlicher Sicherheit werde ableiten können (für ζ Cancri kann die Umlaufszeit schon jetzt auf etwa 58 Jahre bestimmt werden). Allein die entfernteren zeigen (wie nach den *Kepler*schen Gesetzen erwartet werden muss) viel langsamere Bewegungen, denn von *Herschel* bis *Struve* hat sich der zweite Begleiter bei ζ Cancri nur 32°, bei ξ Librae nur 14°, fortbewegt; entsprechen diese Winkel einigermassen ihrer mittleren Bewegung, so erhält man Umlaufszeiten von circa 660 und 1400 Jahren, und es ist daher in diesem und dem folgenden Jahrhundert keine Aussicht, auf diesem Wege zu einer Bestätigung des Gesetzes zu gelangen,

Zeitraumes wegen besorgen müsste, dass auch noch die höheren Differenzen von merklichem Einflusse seien, so wird es gut sein, durch ein System von Bedingungsgleichungen gleichzeitig $\frac{d^2p}{dt^2}$ und auch wohl noch $\frac{d^3p}{dt^3}$ abzuleiten, weniger um des unmittelbaren Gebrauchs willen als um die erstern Differenzen desto sicherer zu erhalten.

was wahrscheinlich viel früher durch die oben angegebenen Verfahrungsarten gelingen wird.

Ueberdiess werden die vielfachen Systeme (deren sich gewiss noch weit mehrere am Himmel finden werden, wenn man einst zu einer bessern Kenntniss der Bewegungen gelangt ist, so dass nicht die momentane scheinbare Distanz, sondern der physische Nexus selbst, das Kriterium für die Benennung Doppel- und mehrfacher Sterne geben wird), vorausgesetzt dass das Gesetz der Schwere sich allgemein bestätigte, noch von einer ganz andern Seite her für die Theorie der Bewegungen wichtig werden. Im unserm Sonnensystem sind überall, wo mehrere Körper um einen mittleren kreisen, diese Centralmassen so sehr überwiegend, dass man im Stande ist für jeden secundären Körper die elliptischen Elemente einfach so abzuleiten, als wäre er selbst und der centrale allein vorhanden; und die Wirkung der übrigen nur als Correctionsgrössen (Störungen) zu behandeln. Denn gehören diese mitwirkenden Körper zu demselben Systeme, so sind sie gegen die Centralmasse gehalten sehr klein; liegen sie ausserhalb desselben, so ist ihre Entfernung jederzeit so beträchtlich, dass sie selbst bei bedeutender Masse doch nur eine sehr untergeordnete Wirkung ausüben. Aus diesem Grunde hat sich bis jetzt in unserm Sonnensystem noch keine Veranlassung dargeboten, die Auflösung des sogenannten Problems der drei Körper in ihrer höchsten Allgemeinheit zu versuchen, vielmehr erscheinen die Bearbeitungen desselben, welche wir besitzen, sämmtlich als Perturbationstheorien. — Treten hingegen Bedingungen ein, wie man sie bei den mehrfachen Sternen zu erwarten hat, wo die umkreisenden Massen von denen, die als centrale angenommen werden, nur wenig verschieden sind, so wird auch diese Form der Behandlung nicht mehr ausreichen, und das, was bisher als Störung angebracht werden konnte, ebenfalls zur Hauptgrösse werden. Selbst die Beziehung auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt wird die Schwierigkeit zwar vermindern, aber nicht aufheben; abgesehen davon, dass die Beobachtungen selbst diesen Schwerpunkt nicht geben, und auch nicht eher direkt darauf bezogen werden können, bis die Verhältnisse der Massen bekannt sind, wozu wir wiederum nichts als eben diese Beobachtungen haben. Man sieht leicht, dass auch der rein theoretischen Astronomie von dieser Seite her noch höchst wichtige Erweiterungen bevorstehen, ganz abge-

sehen von den Aufschlüssen, welche für die Physik des Himmels aus der Beobachtung der Doppelsterne zu erwarten sind.

§. 216.

Wenn es gelungen ist, die wahre und dem Attractionsgesetze entsprechende Bahn eines Begleiters zu finden, so kann man aus der Umlaufszeit und der (in Bogensekunden angegebenen) halben grossen Axe ein Produkt finden, in welchem die Parallaxe und die Cubikwurzel der Masse die Faktoren bilden, Denn es sei t diese Umlaufszeit (Einheit das siderische Jahr) a die halbe grosse Axe in Sekunden, m die Masse (Einheit die Sonnenmasse), r die mittlere Entfernung der beiden Sterne von einander, in Erdabständen ausgedrückt, und π die Parallaxe, so ist nach den *Kepler*schen Gesetzen

$$r^3 = m. t^2$$

Da nun aber, wie aus der Erklärung der Parallaxe hervorgeht

$$r = \frac{a}{\pi}$$

so erhält man durch Substitution

$$\frac{a^3}{\pi^3} = m. t^2$$

und hieraus

$$\pi \sqrt[3]{m} = \frac{a}{\sqrt[3]{t^2}}$$

Aus den näherungsweise berechneten Bahnen erhält man auf diese Weise:

für p Ophiuchi	a = 4″,316 ;	t = 80,610 ;	$\pi\sqrt[3]{m}$ = 0″,2311
γ Virginis	3,353	157,5623	0″,1149
σ Coronae	2,928	199,95	0″,0856
η Coronae	1,1912	43,340	0″,0965
ξ Ursae majoris	2,290	60,4596	0″,1487
(3062) *Struve*	1,0033	84,5140	0″,0545
ν Geminôrum	7,008	230,299	0″,1865

Nimmt man also m = 1, so sind diese Grössen die Parallaxen selbst; ist m < 1, so sind die Parallaxen grösser, im entgegengesetzten Falle kleiner. Um Parallaxen von 1 Sekunde herauszubringen, müssten die Massen bei allen angeführten Sternen beträchtlich verkleinert werden; bei p Ophiuchi bis auf 0,01237; bei (3062) *Struve* bis auf 0,000162 der Sonnenmasse. Obgleich also in dem obigen Ausdrucke die Un-

bekannten π und m nicht von einander befreit werden können, so wird doch, wenn man für eine grössere Anzahl von Doppelsternen diese Produkte gefunden hat, ein beiläufiger Schluss auf die durchschnittliche Grösse der Parallaxe bei den uns näheren Doppelsternpaaren gestattet sein, um so mehr als m beträchtlich wachsen oder abnehmen muss, damit π nur um etwas abnehme oder wachse. Ein tausendmal grösseres m würde erst ein zehnmal kleineres π bedingen und umgekehrt, wogegen andrerseits die Unsicherheit der Masse immer noch sehr gross bleiben wird, selbst wenn π auf anderm Wege beiläufig gefunden wäre.

Dass nun aber die Annahme $m > 1$ im Allgemeinen überwiegende Wahrscheinlichkeit für sich hat, lässt sich auf folgende Weise darthun. Die eigne Bewegung der Fixsterne hat bekanntlich schon *Lalande* auf die Vermuthung geführt, dass ein Theil dieser Bewegungen durch eine Fortrückung unsrer Sonne im Raume, wobei sie von sämmtlichen Planeten u. s. w. begleitet werde, zu erklären sei; eine Vermuthung, welche des ältern *Herschel's* Untersuchungen zur Wahrscheinlichkeit, und *Argelander's* neueste Arbeit zur Gewissheit erhoben hat. Der letztere zeigt, dass, wenn der Punkt $\alpha = 260^\circ\,50',8$ (M. Aequin. 1800) und $\delta = 31^\circ\,17',3$ als derjenige angenommen wird, wohin die eigne Bewegung unsrer Sonne gerichtet sei, die Summe der Quadrate der übrigbleibenden Differenzen ein Kleinstes werde, und dass die mittlere Unsicherheit der vorstehenden Daten 3 — 4 Grad nicht übersteige. Er zeigt ferner, dass die Richtung der eignen Bewegung derjenigen Sterne, die 90° von diesem Punkte abstehen, im Mittel etwa $35\frac{1}{2}^\circ$ von derjenigen abweiche, welche statt finden würde, wenn die Fortrückung der Sonne die alleinige Ursache derselben wäre, aber $54\frac{1}{2}$ von derjenigen, welche im Mittel herauskommen würde, wenn diese Ursach gar nicht vorhanden oder auch nicht wirksam wäre, mithin alle bemerkten Veränderungen nach ihrem vollen Betrage wahre eigne Bewegungen darstellten. Daraus, dass die letztere Zahl die grössere ist, zieht er den Schluss, dass die Wahrheit näher bei der ersten Annahme liege, oder mit andern Worten: dass die eigne Bewegung der Sonne lineär genommen, stärker sei als die durchschnittliche der untersuchten 390 Sterne, die eine merkliche eigne Bewegung zeigen, und also uns wahrscheinlich näher stehen als die übrigen.

§. 217.

Man kann nun einer zwiefachen Art der wirklichen eignen

Bewegungen gedenken. Entweder kreiset das ganze Heer der Fixsterne, welche wir wahrnehmen (etwa mit Ausnahme der Nebelflecke und ähnlicher Körper) um eine gemeinschaftliche Centralmasse und bildet also ein System im engern Verstande; oder sie gehorchen im Ganzen nur ihren gegenseitigen Anziehungen, wobei immerhin einzelne Gruppen, inselartig in der ganzen Masse liegend, besondere Systeme bilden können, die in ihrer einfachsten Gestalt sich in den Doppelsternen darstellen. In der ersten, weniger wahrscheinlichen Annahme würde aber aus der stärkeren Bewegung folgen, dass unsre Sonne zu den dem Centralkörper näheren Sternen gehöre, und die näheren Begleiter sind im Allgemeinen die kleineren. Die andre Hypothese aber giebt noch unmittelbarer dasselbe Resultat, denn bei gegenseitigen Einwirkungen kommt nach den Gesetzen der Attraktion die schwächere Bewegung der grösseren, die stärkere der kleineren Masse zu.

Ist aber die überwiegende Mehrzahl der Fixsterne grösser als unsre Sonne, so wird dies um so mehr bei den Doppel- und vielfachen Sternen angenommen werden müssen, denn Analogie und Beobachtung stimmen darin überein, dass nur die stärkeren Massen Sonnen zu Begleitern haben können, und überdiess ist das m bei Doppelsternen immer eine Summe von Massen, während die zur Einheit genommene nur die eines isolirten Fixsternes ist.

Auch ist andrerseits nicht zu erwarten, dass uns die Zukunft bei andern Doppelsternen merklich grössere Werthe für $\pi\sqrt[3]{m}$ finden lassen werde. Denn da der Hauptgrund, weshalb wir noch so wenige Bahnen und selbst diese noch so unvollkommen kennen, eben in der geringen Flächengeschwindigkeit zu suchen ist, so werden die meisten der künftig zu erforschenden Bahnen geringere als die obigen Werthe angeben. Nur allein bei 61 Cygni ist ein etwas grösserer zu vermuthen. Setzt man als rohe Näherung für diesen Doppelstern $a = 16''$ und $t = 512$; so wird $\pi\sqrt[3]{m} = 0'',250$. Fast alle übrigen Doppelsterne von grossen Distanzen gehören unter diejenigen, welche noch gar keine Winkelbewegung mit Sicherheit haben erkennen lassen.

Merkwürdig ist es jedenfalls, dass die obigen Werthe, wenn man $m = 1$ setzt, mit denen, welche wie oben erwähnt, *Bessel*, *Struve* und *Lindenau* für einige Fixsterne ermittelt haben, so nahe zusammentreffen, und dass wir sonach hoffen

dürfen, für diese kleinen, den Bemühungen der Astronomen so lange spottenden Fixsternparallaxen Zahlen gefunden zu haben, die nicht mehr so durchaus hypothetisch erscheinen, wie die bisherigen Annahmen, und welche die Folgezeit zwar allerdings erheblich zu verbessern, aber wohl nicht abermals gänzlich zu verwerfen Veranlassung finden dürfte.

§. 218.

Die obige Bemerkung, dass wir auch bei bekannter Parallaxe des Doppelsterns doch nur die Summe zweier (oder mehrerer) Massen erhalten, könnte unerheblich scheinen, wenn man das Massenverhältniss zwischen Körpern auf einander folgender Ordnungen, wie es in unsern Planeten- und Mondsystemen vorkommt, auf jene Systeme übertragen wollte. Da nämlich alsdann der Hauptstern seinen Nebenstern mindestens tausendmal übertreffen müsste, und die Grösse $\sqrt[3]{m}$ (und folglich um so mehr m selbst) aus dem Produkt $\pi\sqrt[3]{m}$ gewiss nicht mit einer auf $^1/_{1000}$ gehenden Genauigkeit jemals wird erhalten werden können, wegen der unvermeidlichen Unsicherheit von π und a, so liefe die Unterscheidung der grössern Masse von der Summe beider Massen in der Praxis auf ein Nichts hinaus. Dies scheint indess nicht so unbedingt zugegeben werden zu können. Die oben angegebenen Helligkeitsverhältnisse können nämlich auch angewandt werden, uns eine allgemeine Vorstellung über das bei Doppelsternen vorkommende Massenverhältniss zu bilden. Nach *Struve's* Untersuchungen stehen nämlich die Sterne 7. Grösse durchschnittlich in der Entfernung 11,34 von unsrer Erde, wenn die mittlere Entfernung eines Sterns erster Grösse = 1 gesetzt wird. Daraus aber würde folgen, dass ein Stern 7. Grösse, der mit einem Sterne der ersten in gleichem Abstande von der Erde sich befände, einen 11,34mal kleineren Durchmesser als der letztere hätte, wenn wir die Leuchtungsfähigkeit der Oberflächen beider Sterne gleich setzen, und eine $(11,34)^3$ mal grössere Masse, wenn wir noch ausserdem die Hypothese einer gleichen Dichtigkeit für beide Sterne gelten lassen. Lässt man nun die scheinbaren Durchmesser der Sterne auf einander folgender um 1 verschiedner Grössen nach einer geometrischen Reihe abnehmen, und nimmt für die schwächeren Sterne bis zur 10. Grösse denselben Exponenten des Verhältnisses an, so folgt, dass ein um 1^m hellere Stern eine 3,367 mal grössere Masse habe als der schwächere Stern gleicher Distanz, oder

dass die Masse des Hauptsterns $3{,}367^n$ ist, wenn die Masse des um n schwächeren Begleiters = 1 gesetzt wird. Unter diesen Voraussetzungen finden sich nach den vorstehend angegebenen Helligkeitsverhältnissen die folgenden mittlern Werthe für die

Masse des Hauptsterns, wenn die Masse des Begleiters = 1 gesetzt wird.

	Cl. I.	II.	III.	IV.	V	VI.	VII.	VIII.	Mittel.
A.	4,616	6,409	19,349	32,772	56,666	64,294	99,419	285,917	34,361
B.	2,149	3,162	4,208	4,590	8,619	8,052	10,634	14,903	7,360
C.	1,493	2.830	2,563	3,093	3,514	4,026	3,622	3.929	3,169
Mittel	2,311	3,008	4,883	5,767	6,614	8,071	9,037	11,832	4,266.

Also nur das Verhältniss von Erde und Mond (50 : 1) gestattet noch eine Vergleichung mit den höhern Klassen der Binärsysteme von helleren Hauptsternen; in allen übrigen uns bekannten Systemen sind selbst die grössten der sekundären Massen im Verhältniss zu ihrem Centralkörper ungleich kleiner als die Begleiter der Doppelsterne, und nicht selten mögen bei diesen die Fälle sein, wo die Massen beider Sterne nahezu dieselben sind, da nach *Struve's* Beobachtungen, besonders in den ersten Klassen sehr häufig Sternenpaare vorkommen, in denen sowohl Glanz als Farbe völlig gleich erscheinen. Die Schwerpunkte der fünf Systeme, die zum Gebiet unsrer Sonne gehören, liegen sämmtlich innerhalb ihrer Hauptkörper, ein Fall der sich wohl selten bei Doppelsternen zeigen mag.

Bei einigen wenigen zeigen sich indess stärkere Unterschiede des Lichtglanzes, und die oben angewandte Hypothese führt bei ihnen auf Massenverhältnisse, die von den oben angegebenen mittleren sehr verschieden sind. Ich habe aus jeder der 8. Klassen diejenigen 3 ausgewählt, worin die stärksten Differenzen vorkommen, und finde (vorausgesetzt, dass sie sämmtlich physische Doppelsterne sind) wenn die Masse des Begleiters = 1 gesetzt wird:

Cl. I.	λ Ophiuchi	$4,^m0$	$6^m,1$	Masse des Hauptsterns =	12,8
	γ Coronae	4, 0	7, 0	„ „ „	38,1
	ζ Herculis	3, 0	6, 5	„ „ „	70,1
Cl. II.	1380 Anonyma	7,6	10,7	„ „ „	43,1
	1400 Anonyma	7,3	10,5	„ „ „	48,7
	δ Cygni	3,0	7,9	„ „ „	383,6
Cl. III.	φ Virginis	5,2	9,7	„ „ „	236
	5 Cancri	6,2	10,7	„ „ „	236

	2	Camelopardali	4,7	9,0	Masse des Hauptsterns = 185
Cl. IV.	52	Cygni	4,0	9,2	„ „ „ 552
	φ	Piscium	4,7	10,1	„ „ „ 704
	ν	Ursae majoris	3,7	10,1	„ „ „ 2370
Cl. V.	x	Pegasi	3,9	10,8	„ „ „ 4350
	β	Orionis	1,0	8,0	„ „ „ 4912
	λ	Geminorum	3,2	10,3	„ „ „ 5546
Cl. VI.	ι	Leporis	4,2	10,5	„ „ „ 2099
		Anonyma	2,7	9,3	„ „ „ 3022
	ζ	Persei	4,7	11,3	„ „ „ 3022
Cl. VII.	129	Pegasi	5,8	11,8	„ „ „ 1458
	42	Herculis	4,0	10,7	„ „ „ 3412
	α	Ursae minoris	2,0	9,0	„ „ „ 4912
Cl. VIII.	δ	Equulei	4,1	10,2	„ „ „ 1647
	β	Serpentis	3,0	9,2	„ „ „ 1859
	7	Camelopardali	4,2	11,3	„ „ „ 5546

Wäre β Delphini (3,0 ; 11,0), dessen Distanz = 32″,477, ein physischer Doppelstern, so überträfe der Hauptstern seinen Begleiter 16540 mal, ja man würde Sterne von 100000 mal grösseren Massen finden wenn man selbst nur die nächst höhere Klasse (32″ bis 48″ Distanz) nach diesem Prinzip untersuchen wollte. Es würde indess vergebliche Arbeit sein in dieser Betrachtung weiter zu gehen, bevor die physische Natur dieser Systeme, einzeln genommen, unzweifelhaft festgestellt ist. Das Vorstehende genügt vollkommen das hier statt findende Gesetz der Massenverhältnisse in seinen allgemeinsten Beziehungen darzustellen.

§. 219.

Zugleich mögen diese Betrachtungen dazu dienen, uns eine Idee von den Durchmessern dieser Körper, wie sie nach ihrer wahren Grösse und Entfernung erscheinen müssten, zu geben. Der Halbmesser der Sonne ist in mittlerer Entfernung = 16′ 0″,8; nimmt man die Dichtigkeit der Fixsterne gleich der Dichtigkeit der Sonne, so wird man, jene Durchmesser = d gesetzt, für einen einfachen Stern die Gleichung erhalten:

$$d = 2\,\pi \sqrt[3]{m}.\ \sin 16'\,0'',8 = 0{,}0093162\,\pi \sqrt[3]{m}.$$

Dieser Werth ist aber noch etwas zu gross, wenn man ihn auf den Hauptstern allein beziehen will, da m die Summe der Massen des ganzen Systems ist. Man sieht, dass keiner der vorstehend angeführten Sterne einen grössern Durchmesser als $^1/_{500}$ Sekunde haben kann, wenn die Annahme für die Dichtigkeit richtig ist. Setze man aber auch diese Dichtigkeit weit geringer und z. B. auf den tausendsten Theil herab (etwa die Dichtigkeit unsrer Atmosphäre), so werden die Durchmesser doch höchstens auf $^1/_{50}$ Sekunde steigen; und es scheint demnach, als müsse die Hoffnung, Fixsterndurchmesser einer direkten Messung zu unterwerfen, gänzlich und für immer aufgegeben werden. Um sich Grössen von $^1/_{500}$ Sekunde einigermassen zu versinnlichen, denke man sich eine Kugel von 12 Fuss Durchmesser auf der Oberfläche des Mondes, oder ein Sandkorn in 3 Meilen Entfernung. Mit einem Fernrohr welches diese Dinge möglich machte, würde man auch einen Versuch wagen können die Seleniten zu beobachten.

Mit dieser ungemeinen Kleinheit der Durchmesser harmonirt nun auch das plötzliche Verschwinden der Fixsterne bei Bedeckungen durch den Mond oder Planeten. Denn bei $^1/_{500}''$ Durchm. braucht der Mond nur $^1/_{250}$ Zeitsekunde, die Planeten (höchst seltene Fälle ausgenommen) ebenfalls nur kleine Brüche von Sekunden um den Stern zu bedecken, d. h. um von einem Rande desselben bis zum andern zu rücken, ist nun die strahlenbrechende Atmosphäre des bedeckenden Körpers, entweder absolut oder wenigstens in Bezug auf die Entfernung desselben unmerklich, so muss der Stern in einem Moment zu verschwinden scheinen, wie es auch fast immer wahrgenommen worden ist. — So vereint sich das scheinbar Widersprechendste und Unauflöslichste, wenn es gelungen ist von irgend einer Seite wenigstens eine sichre Annäherung zur Wahrheit zu erhalten.

Die Fortschritte unsrer Kenntniss der Fixsterne in physischer Beziehung werden demnach auf andern Grundlagen beruhen müssen, und nicht auf gleiche Weise wie bei den Körpern unsers Sonnensystems erlangt werden können. Bei ihrer grossen Menge, und wahrscheinlich nicht geringerer Mannichfaltigkeit der physischen Verhältnisse, wird es immer äusserst schwer sein, von den isolirten Wahrnehmungen über Farbe, veränderlichem Glanz u. dgl. genügende Erklärungen zu geben.

§. 220.

Die Bahnberechnung nach den *Kepler*schen Gesetzen kann versucht werden, sobald der Begleiter ein hinreichend grosses

Stück der scheinbaren Curve zurück gelegt hat, und ausser für Anfang und Ende dieses Bogenstücks noch für mindestens zwei Punkte in demselben die Position und Distanz beobachtet sind. Für vier Zeitpunkte t hat man also die entsprechenden 4 Positionen p und 4 Distanzen d. Wollte man aber kein bestimmtes Gesetz der Attraction im Voraus zum Grunde legen, so würde eine grössere Anzahl von Positionen und zugehörigen Distanzen erforderlich sein, aus denen man zuerst unabhängig von der Zeit die scheinbare Form der Bahn (die alsdann nicht nothwendig ein Kegelschnitt wäre) bestimmen, und hieraus den Versuch machen müsste, die bei diesem Doppelstern stattfindenden Bewegungsgesetze abzuleiten. Letzteres ist noch nicht versucht worden, da noch beinahe kein einziger Doppelstern genügendes Material zu einem solchen Verfahren darbietet und es überdies allen Anschein hat, dass das *Kepler*sche Gesetz sich auch für diese Systeme bewähren werde.

Für das erstere Verfahren hat *Savary* in der Conn. des Tems für 1822 eine Vorschrift angegeben und zugleich gezeigt, wie man aus dieser scheinbaren Ellipse die wahre, und folglich die Elemente der Bahn erhalten könne. Bei Doppelsternen besteht der Unterschied der scheinbaren und wahren Ellipse nur in der Projection, da unser Visionsradius unter allen möglichen Winkeln die Ebene der Bahn treffen kann, und nur wenn dieser Winkel $= 90^{0}$ ist, die scheinbare Bahn mit der wahren zusammenfallen wird. Bei einer elliptischen oder kreisförmigen Bahn ist die Projektion gleichfalls eine Ellipse, nur dass die Projektion des Brennpunkts der wahren nicht in den Brennpunkt der scheinbaren fällt, und dass das Verhältniss der grossen zur kleinen Axe ein andres wird. Dagegen werden die in der scheinbaren Ellipse von den projicirten Radien Vectoren abgeschnittenen Flächenräume dasselbe Verhältniss zu einander haben, wie in der wahren Bahn, folglich den Zeiten proportional sein, wenn diese letzteren es sind. Diese Bedingung hat *Savary* bei seiner Auflösung benutzt und zugleich an dem Doppelstern ξ Ursae majoris ein Beispiel der Anwendung gegeben.

Dieselbe Aufgabe behandelte *Encke* nach gleichen Grundsätzen, aber auf einem andern Wege (Berl. Astron. Jahrbuch für 1832). Die anzuwendenden Formeln sind bei *Encke* etwas bequemer für den Berechner als bei *Savary*, und die Versuche auf ein schärferes Prinzip zurückgeführt; auch ist die Anwendung derjenigen Relationen, welche, obgleich vollkommen ana-

lytisch begründet, doch in der praktischen Astronomie ungebräuchlich sind, vermieden. Man findet nach *Encke's* Methode durch eine Reihe von Versuchen die Form und Grösse der scheinbaren Bahn nebst der Umlaufszeit, und hieraus durch ein sehr einfaches Verfahren die wahre Ellipse, folglich die Elemente. *Encke* erläuterte seine Methode durch eine Anwendung auf den Doppelstern p Ophiuchi.

Endlich trat im J. 1834 *John Herschel* (On the Orbits of revolving double Stars. London) mit einer graphischen Methode der Bahnbestimmung auf. Sein sinnreiches Verfahren hat allerdings in einzelnen Fällen zu einem genäherten Resultate geführt, und da auch die schärfste Rechnung gegenwärtig nicht weiter als bis zu einer ziemlich rohen Näherung führen kann, so kann ihr auch ein praktischer Werth keinesweges abgesprochen werden: die grössere Leichtigkeit der Anwendung für solche, die sich nicht sehr grosse Uebung im astronomischen Rechnen erworben haben, kann überdies nicht geleugnet werden. Gleichwohl ist sie in mehrfacher Beziehung ungenügend und das erlangte Resultat nie frei von Willkürlichkeiten, die der Calcul zu vermeiden im Stande ist. Bei consequenter Anwendung des letztern wird man jederzeit dasjenige System von Elementen erhalten können, welches nach den vorhandenen Beobachtungen wahrscheinlicher als jedes andre ist und die kleinstmöglichsten Fehler übrig lässt: man wird den Grad der Sicherheit eines jeden einzelnen Elements richtig zu beurtheilen im Stande sein und sich also von den Fortschritten der erlangten Kenntniss stets genaue Rechenschaft geben können. Dahin aber kann eine blos graphisch construirende Methode niemals führen. Selbst wenn es der Zufall fügte, dass man durch dieselbe das wahrscheinlichste Resultat erhielte, so würde man doch kein Mittel haben, den wahren Werth des erlangten Besitzes kennen zu lernen.

§. 221.

Die genaue und vollständige Theorie der erwähnten Berechnungsmethode muss an den angeführten Orten nachgesehen werden. Hier nur Folgendes zu einem allgemeinen Ueberblick der *Encke*schen Methode.

Die 4 Oerter, deren Position und Distanz durch die Beobachtungen gegeben sind, bilden, durch gerade Linien unter sich und mit dem Ort des ruhenden Sterns verbunden, ein System ebener Dreiecke. Bezeichnet man den ruhenden Stern mit 0, und die Orte mit 1, 2, 3, 4; so gehören die Dreiecke

(012), (023), (034) den Flächenräumen an, welche (in der projicirten Bahn) in den 3 Zwischenzeiten zurückgelegt worden sind. Diese Dreiecke sind nun durch Hinzufügung von elliptischen Segmenten zu Sektoren zu ergänzen, und der Voraussetzung nach müssen diese Sektoren den Zwischenzeiten proportional sein, und zugleich die Segmente zwischen den 4 Oertern derselben Ellipse angehören. Die Gleichungen, welche diese Bedingungen ausdrücken, sind aber transcendent, müssen folglich durch Versuche aufgelöst werden, zu deren Erleichterung bequeme Tafeln von *Encke* berechnet sind.

Da nun 7 Elemente zu bestimmen sind, die 4 Oerter hingegen 8 Bestimmungen enthalten, so werden in den meisten Fällen diese Versuche nicht sowohl direkt zum Ziele, als zu der Ueberzeugung führen, dass (in Folge der Beobachtungsfehler) nicht sämmtliche 8 Angaben durch eine und dieselbe, den obigen Bedingungen entsprechende Ellipse dargestellt werden können. Man wird also entweder eins der Beobachtungsdata, oder eine der Zwischenzeiten ändern, und im ersten Falle die Rechnung fast ganz wiederholen müssen, und dies so lange fortsetzen bis die Bedingungsgleichungen erfüllt sind.

Selten wird man in Ungewissheit sein, welches der 8 Daten man zu ändern habe, denn fast immer werden die späteren Beobachtungen einen höhern Grad von Genauigkeit besitzen, und eben so sind bis jetzt im Allgemeinen die Positionswinkel zuverlässiger, als die Distanzen. Man ändert also die Distanz des ersten Ortes, und bleibt für alles Uebrige bei den ursprünglichen Werthen stehen.

Bei der Wahl derjenigen Werthe, mit denen man die Versuche beginnt, kann eine wenngleich rohe Zeichnung gute Dienste leisten; überhaupt wird eine solche jedenfalls anzurathen sein, um die geometrische Bedeutung der angewandten Grössen vor Augen zu haben und vor Verwechselungen, z. B. der analytischen Zeichen, mehr gesichert zu sein.

Sobald es gelungen ist, den Bedingungen der Aufgabe durch die Beobachtungen genug zu thun, ist das weitere Verfahren sehr leicht, da man nicht, wie bei den Planeten, und Kometenbahnen, eine Veränderung des Beobachtungsortes zu berücksichtigen hat. Man findet zuerst die scheinbare Ellipse, und aus dieser die wahre durch Anwendung der Bedingung, dass beider Mittelpunkte zusammenfallen und der Ort des ruhenden Sterns in der scheinbaren die Projektion des Brenn-

punktes der wahren sei — ein Problem der analytischen Geometrie.

Alsdann bleibt nur noch die Epoche des Durchgangs durch das Perihel zu bestimmen übrig, was aus jedem der 4 Oerter einzeln gefunden werden kann, und wo die Uebereinstimmung sämmtlicher 4 Werthe die letzte und sicherste Controlle der Rechnung gewährt.

§. 222.

Die Elemente selbst sind dieselben, die bei den Planetenbahnen vorkommen, nur mit dem Unterschiede, dass die Umlaufszeit und die halbe grosse Axe hier zwei verschiedene und unabhängige Elemente bilden, und dass der Knoten nnd die Neigung, so wie sie aus den Beobachtungen gefunden werden, sich nicht auf die Ekliptik, sondern auf diejenige Ebene beziehen, welche die Himmelskugel in dem Punkte, den der Doppelstern einnimmt, tangirt. Auch liegt in der Bestimmung des Knotens eine (bei Doppelsternen unvermeidliche) Zweideutigkeit. Denn da die Beobachtung kein Mittel besitzt, zu erforschen, in welchem Theile der Bahn der Nebenstern uns näher, und in welchem er entfernter stehe als der Hauptstern, so kann der gefundene Knoten sowohl der auf- als niedersteigende sein, und man findet also eigentlich zwei Ebenen, die in Bezug auf jene das Himmelsgewölbe tangirende Normalebene die gleiche Knotenlinie haben, einander symmetrisch entgegengesetzt sind, und in deren einer der Begleiter sich um seinen Hauptstern bewegt.

Die Berechnung der Oerter aus den Elementen, zur Vergleichung der Beobachtungen so wie zur Aufstellung einer Ephemeride, geschieht nach sehr einfachen und leichten Formeln. Sei nämlich

a die halbe grosse Axe

$\sin\varphi =$ e die Excentricität, in Theilen von a ausgedrückt

Ω der Knoten

i die Neigung

λ der Abstand des Perihels vom Knoten, in der Bahn gezählt

T die Durchgangszeit durch das Perihel,

m die mittlere jährliche Winkelbewegung, so dass $\frac{360^\circ}{m}$ die Umlaufszeit ist;

und man sucht für die Zeit t den Positionswinkel p und die

scheinbare Distanz r, so hat man nach *Kepler's* Regel, wenn u die excentrische und v die wahre Anomalie bezeichnet

$$u - e \sin u = m\,(t - T)$$

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} v = \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} u . \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

$$\operatorname{tg}\,(p - \Omega) = \operatorname{tg}\,(v + \lambda) . \cos i$$

$$r = a\,(1 - e \cos u)\,\frac{\cos\,(v+\lambda)}{\cos\,(p-\Omega)}$$

Die beiden ersten Gleichungen sind mit denen, die bei Planetenrechnungen etc. gebraucht werden, völlig identisch. Durch die dritte findet man den Positionswinkel, und durch diesen aus der 4ten die Distanz. Die Unterschiede dieser berechneten Positionswinkel und Distanzen von den beobachteten (falls mehrere vorhanden sind als die Bahnbestimmung absolut erfordert) gewährt sodann ein vorläufiges allgemeines Urtheil über den Grad der erreichten Näherung. Um ein solches mit grösserer Bestimmtheit, und für jedes einzelne Element besonders, fällen zu können, muss man die gefundenen Näherungswerthe benutzen, um nach der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichsten Werthe und ihre resp. Gewichte, und dadurch endlich auch die mittlere Unsicherheit der einzelnen Elemente zu erhalten. Hierzu habe ich in Nr. 36. der astronomischen Nachrichten ein Verfahren angegeben und durch eine Anwendung auf den Doppelstern γ Virginis erläutert.

Den Positionswinkel zählt man gewöhnlich so, dass er = Null ist, wenn der Nebenstern genau nördlich vom Hauptstern, und 90°, wenn er östlich von demselben steht. Bewegt sich der Nebenstern so, dass die Zahlen für den Positionswinkel steigen, so heisst die Bewegung direkt (+), wenn sie aber abnehmen, retrograd (—). Um genaue Vergleichungen zu machen, muss man den Positionswinkel auf ein festes Aequinoctium beziehen.

§. 223.

Beschreibung einiger merkwürdigen Doppelsterne.

Grösstentheils nach *Struve*.

(Die auf den Namen folgende Zahl bezeichnet die Nr. des *Struve*schen Catalogs, und wenn noch eine zweite mit *H.* folgt, die des *Herschel*schen. Die Rectascensionen und De-

clinationen sind meistens nur beiläufig angesetzt und gelten, wo nichts besonders bemerkt ist, für das Aequinoctium von 1826.

7 Tauri. 412. *H.* IV. 88. $\alpha = 3^h 24', 1.$ $\delta = + 23^\circ 53'.$

Bei *Herschel* ein Doppelstern; *Struve* fand, dass der Hauptstern selbst wieder aus zweien, nur 0″6 Sekunden von einander entferuten, Sternen bestehe. Diese beiden sind gelblich und von nahe gleicher Grösse (6,6 und 6,7) die Position fand *Struve* für 1830 Mai = 269° 55′ und für 1836 Nov. = 264° 54′, so dass eine retrograde Bewegung angedeutet scheint. Der entferntere Nebenstern ist nur von der 10. Grösse, sein Abstand 22″,4; seine Position 63° 1′ (für Dec. 1830).

ω Leonis. 1356. *H.* I. 26. $\alpha = 9^h 19', 0.$ $\delta = + 9^\circ 50'.$

Ein sehr schwieriger Doppelstern. Der Hauptstern von der 6,2 Grösse und gelb, der Nebenstern 7,0 und röthlich. Er hat sich seit *Herschels* erster Beobachtung seinem Hauptstern fortwährend genähert und dabei den Richtungswinkel von 110° 54′ (im Dec. 1782) bis 173° 54′ (Mai 1835) verändert. In den letzten Jahren vermochte *Struve* ihn nicht mehr getrennt zu erblicken, sondern nur länglicht in der Richtung von Nord nach Süd. Seine physische Natur scheint ausser allem Zweifel.

γ Virginis. 1670. *H.* III. 18. $\alpha = 12\ 32', 8.$ $\delta = -0^\circ 29'.$

Bereits 1718 ward dieser Stern von *Bradley* als doppelt erkannt, der Abstand beider etwa gleich heller Sterne war nahe 7°, die Richtung 160°. Seit dieser Zeit hat er in retrograder Bewegung gegen 300° seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt. In den Jahren 1834 bis 1836 näherten sich beide Sterne so sehr, dass mit Ausnahme des *Struve*schen Refraktors, der ihn fortwährend länglicht zeigte, alle andern Fernröhre nur einen einfachen Stern darstellten. Jetzt (1838) hat er wieder nahe 1″ Distanz. Aus den zahlreichen Beobachtungen von 1718 bis 1838, besonders aus denen von *Herschel* und *Struve*, habe ich die folgende Bahn abgeleitet.

$$a = 3'',6375$$
$$\varphi = 60^\circ 14',0 \quad \sin 0,8681 \quad \cos 0,4965$$
$$\Omega = 58^\circ 22',55$$
$$i = 35^\circ 48',04$$
$$\lambda = 265^\circ 59',95$$
$$T = 1836,1026$$

Umlaufszeit U = 157, 5623 Rückläufig.

Nach dieser Bahn wird er sich von jetzt ab allmählich von seinem Hauptstern entfernen, und im J. 1875 die Position

wieder erreichen, in welcher ihn *Bradley* zuerst beobachtete. Merkwürdig ist die starke Excentricität, die selbst noch grösser als bei dem *Encke*schen Kometen ist. — Die beiden Sterne sind 3. Grösse und gelblich. Sehr merkwürdig ist es, dass *Struve* einen Wechsel der Helligkeit wahrnahm. Bis 1831 war der (damals) vorangehende Stern der schwächere. 1832 und 1833 konnte kein Unterschied wahrgenommen werden, 1834 aber war entschieden der vorangehende heller als der nachfolgende. Ueber die Ursache dieser sonderbaren Erscheinung lässt sich noch gar kein Urtheil fällen. Vor Allem scheint es nöthig, durch fortgesetzte Beobachtung zu ermitteln, ob dieser Helligkeitswechsel ein periodischer sei, und welches die Gesetze dieser Periodicität sind.

η Coronae. 1937. *H. I.* 16. $\alpha = 15^h\, 16',1.$ $\delta = +30°\, 56'.$

Der Hauptstern 5,2 und gelb, der Nebenstern 5,7 und goldgelb. Aus den Beobachtungen *Herschels* und *Struve's* (1781 — 1837) habe ich folgende Bahn hergeleitet, mit welcher die Beobachtungen von 1838 hinreichend übereinstimmen:

$$a = 1'',1912$$
$$\varphi = 20°\, 42',9 \quad 0,3537 \quad 0,9353$$
$$\Omega = 22 \quad 35,2$$
$$i = 71 \quad 29,1$$
$$\lambda = 263 \quad 10,3$$
$$T = 1815,20$$
$$U = 43,340 \text{ Rechtläufig.}$$

γ Coronae. 1967 $\alpha = 15^h\, 35',5.$ $\delta = +26°\, 52'.$

Der grössere Stern 4,0 und grünlichweiss, der Nebenstern $7^m,0$ und purpurfarben. Seit dem October 1826, wo *Struve* ihn zuerst beobachtete (Distanz 0'',82, Position 109° 42') hat er, ohne den Richtungswinkel merklich zu verändern, sich dem Hauptstern fortwährend genährt. 1832 war er schon nicht mehr getrennt, obgleich *Struve* noch im April 1833 in dem länglicht erscheinenden Sterne die beiden Farben erkannte; 1835 erschien er durchaus einfach, selbst beim heitersten Himmel und 1000 maliger Vergrösserung. 1836 war wieder eine Spur der länglichten Form in einer der frühern entgegengesetzten Richtung wahrzunehmen. Die Bahn des Nebensterns scheint also von uns nur unter einem sehr spitzen Winkel betrachtet zu werden. Ueber die Umlaufszeit und die übrigen Elemente ist noch kein Urtheil möglich.

λ Ophiuchi. 2055. *H. I.* 83. $\alpha = 16^h\, 22',1$ $\delta = +2°\, 22'.$

Der Hauptstern 4,0 und gelb, der Nebenstern 6,1 und

bläulich. Die Bahn scheint von einer Kreisbahn wenig abzuweichen, die Bewegung ist direkt, und die Umlaufszeit etwa 40 Jahre. Ein Mehreres lässt sich für jetzt noch nicht bestimmen. Die Distanz, die 1825 nur 0″,837 betrug, ist jetzt um etwa 0″,2 grösser. Die Beobachtungen *Herschels* von 1783 und 1802 sind unsicher und nicht wohl mit einander vereinbar.

ζ Herculis. 2084. *H. I.* 36. $\alpha = 16^h\,34',8.$ $\delta = +31^\circ\,55'.$

Das Phänomen einer scheinbaren Bedeckung des einen Sterns durch den andern, in Folge des starken Neigungswinkels der Bahn, hat dieser Stern bereits zweimal im J. 1802 (*Herschel*) und von 1828 bis 1831 (*Struve*) dargeboten. Vor und nachher ist der Begleiter, aber jedesmal auf der entgegengesetzten Seite, wieder sichtbar gewesen. Die Beobachtungen sind ungemein schwierig. Der Hauptstern ist 3^m0, und gelblich, der Begleiter $6^m,5$ und röthlich. Ein (noch sehr ungewisser) Versuch, aus den vorhandenen Beobachtungen die Bahn abzuleiten, hat mir Folgendes ergeben:

2872. Anonyma. $\alpha = 22^h\,2',7;$ $\delta = +58^\circ\,27'$

Von *Herschel II.*, *South* und *Struve* als Doppelstern erkannt; von letztern aber der Nebenstern im Fraunhoferschen Refraktor 1832 ff. abermals als aus 2 Sternen bestehend beobachtet. Folglich ein dreifacher Stern. Alle 3 Sterne sehr weiss, der grössere $7^m,2$; die beiden andern nur 0″,55 von einander entfernten $8^m,0$. Der Abstand vom Hauptstern beträgt dagegen 21″,4. Eine Veränderung der Distanz oder des Positionswinkels ist noch nicht mit Sicherheit aufgefunden worden.

3056. Anonyma $\alpha = 23^h\,55',9;$ $\delta = +33^\circ\,18'.$

Der gleiche Fall wie bei dem vorhergehenden, nur dass es hier der hellere Stern ist, der 1828 in sich selbst als doppelt, das ganze System also als dreifach, erkannt wurde. Die beiden das Hauptglied bildenden Sterne sind an Grösse und Farbe fast ganz gleich ($7^m,4$ und gelblich) ihr Abstand 0″,55. Der Nebenstern ist $9^m,0$, lässt keine Farbe erkennen, und steht 20″,5 vom Hauptstern. Veränderungen sind noch nicht erkannt worden.

3062. Anonyma. *H. I.* 39. $\alpha = 23^h\,57',1;$ $\delta = +57^\circ\,28'.$

Beide Sterne gelblich, der grössere $6^m,9$, der kleinere $8^m,0$. Seit 1782, wo die Position 320° 42′ war, bis 1836 ist der Begleiter um etwas mehr als den halben scheinbaren Umlauf fortgerückt, und hat sich in den letzten Jahren dem Haupt-

stern bis zu 0″,4 genähert. Ich habe folgenden Versuch gemacht, die Bahn abzuleiten.

$a = 1'',0033$
$\varphi = 32^\circ 7'2 \quad 0,5317 \quad 0,8469$
$\Omega = 125\ 10,0$
$i = 25\ 31,6$
$\lambda = 36\ 31,8$
$T = 1837,427$
$U = 84,514$

Die Beobachtungen stimmen mit diesen Elementen fast vollkommen. Wir haben also hier ein System, in welchem bei einer Umlaufszeit wie Uranus der mittlere Abstand doch nur 1″ beträgt. Setzt man die Masse beider Sterne der Sonnenmasse gleich, so beträgt ihre Entfernung 3600000 Sonnenweiten und das Licht braucht gegen 55 Jahre, um von dort zu uns zu gelangen.

ι Cassiopejae. 262. *H. I.* 34. $\alpha = 2^h 14'9$; $\delta = + 66^\circ 37'$.

Ein ausgezeichnet schöner dreifacher Stern. Hauptstern $4^m,2$ und gelb; der nähere Nebenstern $7^m,1$ und blau, der entferntere $8^m,1$ und blau. Eine Veränderung der Distanzen und Winkel ist noch nicht mit Sicherheit erkannt. Die Distanzen 1″,862 und 7″,626; die Winkel resp. 276° 41′ und 107° 18′.

12 Lyncis. 948. *H. I.* 6. $\alpha = 6^h 30',8$; $\delta = + 59^\circ 37'$.

Dreifacher Stern. Die einzelnen: $5^m,2$ und grünlichweiss; $6^m,1$ und grünlich weiss; $7^m,4$ und bläulich. In den Stellungen beider Begleiter scheint seit 1780 eine Veränderung vorgegangen zu sein, der nähere hat sich in 50 Jahren von 181° 23′ bis 153° 40′ zurückbewegt, der entferntere und schwächere nur von 302° 33′ bis 304° 12′ vorwärts. Die Distanzen sind 1″,532 und 8″,670.

ζ Cancri 1196. *H. I.* 24. $\alpha = 8^h 2',1$; $\delta = + 18^\circ 10'$.

Unter den dreifachen Systemen das merkwürdigste. Nach der Entfernung vom Hauptsterne A geordnet, der $5^m,0$ ist, zeigt B $5^m,7$ und C $5^m,5$. Alle 3 sind gelb, in B ist diese gelbe Farbe am stärksten, in C am schwächsten ausgesprochen. Der nähere Begleiter (jetzt 1″,13 Abstand) läuft in etwa 54 Jahren retrograd um seinen Hauptstern und hat seit 1782 schon mehr als einen vollen Umlauf zurückgelegt. Da aber von 1782 bis 1826 die Beobachtungen gänzlich fehlen, so lassen sich die Elemente der Bahn noch nicht ableiten, sie scheint indess von einer Kreisbahn wenig verschieden. Auch der zweite Begleiter hat in 55 Jahren 37° seiner scheinbaren Bahn, und gleichfalls retrograd, zurückgelegt ohne seine Distanz merklich zu

verändern, was auf eine Umlaufszeit von etwa 540 Jahren führt. Von einer fortgesetzten Beobachtung dieses Sternenpaars sind in der Zukunft merkwürdige Aufschlüsse über die Natur dreifacher Systeme von nahe gleichen Massen zu erwarten.

Anonyma. 1331. $\alpha = 9^h\,7',1.$ $\delta = +62^\circ 4'.$

Dieses dreifache System, dessen 1″,16 von einander entfernte Hauptsterne beide $8^m,0$ und sehr weiss erscheinen, macht wegen der ausserordentlichen Schwäche des dritten und entfernteren Sterns ($11^m,5$) dem Beobachter grosse Schwierigkeit. Eine Stellungsveränderung ist noch nicht bemerkt worden.

ξ Ursae majoris. 1523. *H. I.* 2. $\alpha = 11^h\,8',8.$
$\delta = +32^\circ\,30'.$

Die beiden Sterne sind $4^m,0$ nnd $4^m,9$; der Hauptstern gelblich, der Begleiter aschfarbig. Dieses Sternenpaares Elemente haben bereits *Savary* und *Herschel II.* zu bestimmen versucht. Da beide Bahnen schon 1834 stark vom Himmel abzuweichen anfingen, so versuchte ich aus den Beobachtungen bis 1836 eine neue zu berechnen, und erhielt folgende Resultate:

a	=	2″,290
φ	=	23° 48′,5 0,4037 0,9149
☊	=	95 0,3
i	=	52 15,5
λ	=	129 40,5
T	=	1816,95
U	=	60,4596 Retrograd.

Mit dieser Bahn stimmen die Beobachtungen von 1837 und 1838 noch gut überein. Die Sterne entfernen sich jetzt von einander und werden in den nächsten Jahren schon in Ferngläsern zweiten Ranges als getrennte Sterne erscheinen.

35 Comae Berenices. 1687. *H. V.* 130.
$12^h\,44',8;$ $\delta = +22^\circ\,11'.$

Drei an Grösse und Farbe sehr verschiedne Sterne: $5^m,0$ und gelblich; $7^m,8$ und blau; $9^m,0$ ohne erkennbare Farbe. Erst seit 1828 durch Zerlegung des bisher einfach gesehenen Hauptsterns als dreifaches System erkannt. Die Distanz der beiden hellern ist 1″,432; die des schwächern 28″,605. Eine Veränderung der gegenseitigen Stellung lässt sich noch nicht sicher nachweisen.

ζ Bootis. 1865. *H. N.* 114. $\alpha = 14^h\,32',8;$ $\delta = +14^\circ\,29'.$

Der nachfolgende dieser beiden Sterne, die 1″,189 von einander in der Richtung 309°8′ abstehen, ist veränderlich von

$3^m,0$ bis $4^m,0$ und selbst noch etwas darunter; während der vorangehende dauernd $4^m,0$ zeigt. Ersterer, der als Hauptstern betrachtet werden muss, ist daher zuweilen etwas dunkler als der andre. So erschien er *Herschel* im J. 1796 zweimal, so *Struve* 1833. Beide Sterne sind übrigens weiss, und eine Stellungsveränderung ist noch nicht erkannt.

Anonyma. 1938. *H. I.* 17. $\alpha = 15^h 18',0. + 37°56'$.

Dieser feine Doppelstern steht von einem einfachen Sterne 4. Grösse (μ Bootis) 108″ entfernt. Die beiden Glieder des Sternenpaars sind beide mattgrünlich, und ihre Grösse $6^m,7$ und $7^m,3$. Die scheinbare Distanz hat in 10 Jahren (1826—1836) von 1″,385 bis 1″,060 abgenommen, eben so der Winkel in 54 Jahren von 357° 14′ bis 315°4′. Die physische Verbindung ist hiernach ausser Zweifel, aber der Zeitraum der Beobachtungen noch zu kurz, um die Elemente bestimmen zu können.

ξ Librae. 1998. *H. I.* 33. $\alpha = 15^h 54',7$; $\delta = -10° 53'$.

Dreifaches System. Hauptstern $4^m,9$, gelblich; näherer Begleiter $5^m,2$, gelblich; entfernterer $7^m,2$, matt bläulich. — Die Stellungsveränderung ist nicht unbedeutend, und die physische Verbindung aller drei Sterne gewiss. Der nähere Begleiter hat in 11 Jahren 12°, in 54 Jahren aber 180° seines scheinbaren Umlaufes direkt zurückgelegt, seine Distanz war 1836 = 1″,162. Der entferntere dagegen, der 7″,607 absteht, zeigt in 54 Jahren 14° Veränderung, und zwar retrograd. Die Bewegungen beider Begleiter scheinen demnach etwas langsamer als bei ζ Cancri, mit welchem sonst dieses System viel Aehnlichkeit hat. Von den beiden helleren Sternen scheint der eine etwas veränderlich zu sein, da mitunter der zweite als der hellere erschienen ist. In einer Entfernung von etwa $4\frac{1}{2}'$ steht ein Doppelstern (1999 *Struve*), der selbst bei starken Vergrösserungen mit ξ Librae gleichzeitig im Felde des Fernrohrs gesehen werden kann. Möglich, dass selbst zwischen diesen beiden Systemen noch ein physischer Nexus statt findet.

σ Coronae. 2032. *H. I.* 3. $\alpha = 16^h 7',9$; $\delta = +34° 20'$.

Der Hauptstern $5^m,0$ und gelblich, der Nebenstern $6^m 1$ und bläulich. — Aus den Beobachtungen seit *Herschel* dem Vater bis 1836 habe ich nachfolgende Bahn berechnet:

a = 2″,9279
φ = 35° 13′6 0,5768 0,8169
☊ = 129 22,0
i = 39 48,8

$\lambda = 16^\circ 43',9$
T = 1836, 73
U = 199, 95.

δ Cygni. 2579. *H. I.*, 94. α - $19^h 39',5$. $\delta = + 44^\circ 43'$.

Hauptstern $3^m,0$ grünlich, Nebenstern $7^m,0$ aschfarben. Die Nähe des um fast 5 Grössen schwächeren Begleiters macht die Beobachtungen schwierig, und dies dürfte den Umstand erklären, dass *Herschel I.*, nachdem er ihn 1783,72 gesehen und seine Position zu $71^\circ 39'$ bestimmt hatte, ihn hernach eben so wenig als *Herschel II.*, *South* und *Struve* wiederfinden konnte. 1826 aber entdeckte ihn *Struve* im grossen Refraktor auf den den ersten Blick. Die Position für 1836 Juli 8 ist, $31^\circ 55'$, die Distanz $1'',800$. Er hat also in 53 Jahren $39^\circ 44$ seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt.

Anonyma. 1757. $\alpha = 13^h 25',4$; $\delta = + 0^\circ 35'$.

Bei diesem schwachen, im Mai 1825 zuerst gemessenen Doppelstern, von $8^m,0$ und $9^m,0$, reichen *Struve's* Beobachtungen allein hin, die Stellungsveränderung nachzuweisen, die in 11 Jahren schon $19^\circ 27'$ beträgt, bei einer constant gebliebenen Distanz von $1'',6$. Beide Sterne sind gelblich.

α Piscium. 202. *H. II.* 12. $\alpha = 1^h 53',0$. $\delta = + 1^\circ 55'$.

Zu den hellsten Doppelsternen gehörig, denn die Sterne sind: $2^m,8$ grünlich, $3^m,9$ blau. Allein in 55 Jahren ist keine Veränderung der Stellung bemerkt worden.

11 Monocerotis. 919. *H. I.* 10. $\alpha = 6^h 20',3$. $\delta = - 6^\circ 55'$.

Drei weisse Sterne von $5^m,0$; $5^m,5$ und $6^m,0$; zu den hellsten der vielfachen Systeme gehörig. Aber obgleich hier die Beobachtungen keineswegs schwierig, und die Abstände nur resp. $2'',463$ und $7'',253$ sind, so hat doch seit mehr als 50 Jahren gar keine Veränderung der gegenseitigen Stellung statt gefunden. Die Sterne müssen also entweder von sehr kleiner Masse, oder sehr weit entfernt sein; in beiden Fällen ist aber ihr starker Glanz zu verwundern, der nur durch eine beträchtliche absolute Leuchtungsfähigkeit zu erklären ist.

γ Leonis. 1424. $\alpha = 10^h 10',4$. $\delta = + 20^\circ 44'$.

Durch Glanz und Farbe der schönste Doppelstern des nördlichen Himmels. Der Hauptstern $2^m,0$ und glänzend goldfarbig; der Nebenstern $3^m,5$ und rothgrün. Seit *Herschel* hat die Distanz sich nicht merklich, dagegen der Positionswinkel um etwa 22° geändert (84° bis 106°). — Diesen Doppelstern bezeichnete *Herschel* in seinem Teleskop als weiss und weissröthlich. Es kommen zwar zwischen *H.* und *S.*

manche kleine Verschiedenheiten der Farbenbezeichnung vor, jedoch meist so, dass bei *H.* die Sterne um ein Geringes mehr ins Rothe spielen, was durch eine Eigenthümlichkeit des Teleskops zu erklären sein dürfte. Hier aber zeigt sich, und zwar bei einem Sternenpaare dessen Farben sich mit grosser Bestimmtheit aussprechen, das Gegentheil, und man muss demnach vermuthen, dass er seine Farbe seit jener Zeit wirklich geändert habe, was übrigens in der Fixsternwelt nicht gänzlich ohne Beispiel ist.

ι Leonis. 1536. $\alpha = 11^h 14',8$; $\delta = + 11° 29'$.

Der Hauptstern $3^m,9$ und gelblich, der Begleiter $7^m,1$ und blau. Dieser hat, ohne seine Distanz ($2'',2$) zu ändern, in 9 Jahren seinen Positionswinkel um etwa 7° geändert. Er ist schwer zu sehen, da der Hauptstern ihn bei Nacht leicht überglänzt, und er für Tagesbeobachtungen fast schon zu schwach ist.

ε Bootis. 1877. $\alpha = 14° 37',4$; $\delta = + 27° 49'$.

Schönes Sternpaar. Der Hauptstern $3^m,0$ und glänzend gelb, der Nebenstern, $2'',6$ vom Hauptstern entfernt, $6^m,2$ und tiefblau. In 55 Jahren hat er seine Stellung um 15° gegen den Hauptstern verändert. Obgleich starke Fernröhre beide Sterne bequem bei Tage zeigen, wird man doch die Farbe am besten und ruhigsten in tiefer Dämmerung (nicht in völlig dunkler Nacht) wahrnehmen, eine Bemerkung, die nur für sehr helle und zugleich farbige Doppelsterne gilt. Bei schwächeren muss man die Nacht selbst benutzen.

39 Bootis 1890. *H. II.* 79. $\alpha = 14^h 43',9$; $\delta = + 49° 26'$.

Ein weisser Hauptstern von $5^m,8$ mit einem $6^m,5$ hellen purpurfarbnen Begleiter, $3'',7$ von ihm entfernt. Eine Andeutung der Stellungsveränderung ist durch *Herschels* Messungen 1783 verglichen mit *Struve* bis 1836 gegeben, die $7\frac{1}{2}°$ beträgt, allein noch unsicher ist.

44 Bootis. 1909. *H. I.* 15. $\alpha = 14^h 58',0$; $\delta = + 48° 22'$.

Ein gelblicher Stern von $5^m,2$ mit einem bläulichen von $6^m,1$ verbunden, ein schöner, bequem zu beobachtender Doppelstern. Der Begleiter bewegt sich in einer Bahn, deren verlängerte Ebene nahe durch das Sonnensystem hindurchgeht, und die folglich von uns, ähnlich wie die Bahnen der Jupiterstrabanten, fast nur als gerade Linie gesehen wird. *Herschel* fand ihn 1781 in der Position 60° 6′ und in einem Abstande geringer als 2″, und 1802 in 62° 54′. Er bezeichnet ihn als „ein feines Miniaturbild des Doppelsterns Castor.“ — Zwischen 1802 und 1819 muss eine fast centrale Bedeckung bei-

der Sterne vorgefallen sein, denn 1819 fand ihn *Struve* in 1″,5 Dist. und 228°0′ Position, also fast genau auf der entgegengesetzten Seite, und seitdem hat in 17 Jahren die Distanz bis zu 3″,3 und der Winkel bis 234°52′ zugenommen. Vielleicht dass bald ein Versuch gemacht werden kann, die Elemente der Bahn aus den Beobachtungen abzuleiten.

δ Serpentis. 1954. *H. I.* 42. $\alpha = 15^h 26',4$; $\delta = + 11°7'$.

Schönes glänzendes Doppelsystem. Um einen 3^m hellen schwach gelblichen Hauptstern hat ein bläulicht aschfarbner von 4^m,5 in 53 Jahren 30° seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt: die Distanz ist jetzt 2″,6 und scheint zu *Herschels* Zeit etwas kleiner gewesen zu sein.

μ Draconis. 2130. *H. II.* 13. $\alpha = 17^h 1',8$; $\delta = + 54°42'$.

Zwei weisse Sterne von nahe gleichem Glanze, 5^m,0 und 5^m,1; die 3″,2 auseinanderstehen und ihren Stellungswinkel in 55 Jahren um 30° verändert haben. Aenderungen der Distanz sind noch nicht bemerkt worden.

{ε Lyrae. 2382. *H. II.* 5. $\alpha = 18^h 38',6$, $\delta = + 39°30'$.}
{5 Lyrae. 2383. *H. II.* 6. $\alpha = 18^h 38',6$; $\delta = + 39°26'$.}

Doppelter Doppelstern, d. h. zwei geschlossene Systeme, deren grosse Nähe es wahrscheinlich macht, dass sie selbst wieder ein System höherer Ordnung bilden. Sie können mit aller Bequemlichkeit bei 3—500 maliger Vergrösserung zugleich im Felde des Fernrohrs beobachtet werden. — ε Lyrae, das nördliche Sternpaar, 4^m6 grünlich und 6^m,3 bläulichweiss, hat bei einem Abstande von 3″ seine Position in 57 Jahren um 9° retrograd verändert, bei 5 Lyrae hat diese Veränderung in derselben Zeit 19° betragen, und der Abstand ist 2″,6. Dieses letztere Sternenpaar ist das hellere, 4^m,9 und 5^m,2; beide Sterne sind glänzendweiss und ihre Helligkeit vielleicht etwas veränderlich. — *Struve* hat auch die Distanz und den Positionswinkel der Hauptsterne beider Systeme unter sich gemessen, um spätern Jahrtausenden die Möglichkeit einer Vergleichung zu verschaffen. Er findet für 1835 Ende März: Abstand 3′ 27″,085 mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0″,057, und Position 172°52′,2, wahrscheinlicher Fehler 1′0.

ζ Aquarii. 2909 *H. II.* 7. $\alpha = 22^h 19',8$; $\delta = - 0°55'$.

Beide Sterne nahe gleich, 4^m,0 und 4^m,1; weiss und mit einem mattgrünlichen Schimmer. Die Distanz hat seit *Herschel* entschieden abgenommen (jetzt 3″,3) und der Begleiter hat in 55 Jahren 26° retrograde Bewegung gemacht. Die physische Verbindung ist ausser Zweifel.

ψ Cassiopejae. 117. *H. IV.* 83. $\alpha = 1^h 13',6$. $\delta = + 67° 14'$.

Erst von *Struve* als dreifacher Stern erkannt. Die Schwäche beider Begleiter ist höchstwahrscheinlich Ursach, dass der kleinere den beiden *Herschel* sich entzog. Die einzelnen Sterne: $4^m,4$ glänzend gelb, $8^m,9$ und $9^m,5$. Letzterer ist der neuentdeckte. Er steht 3″,0 vom zweiten entfernt, und dieser 32″ vom Hauptstern. Veränderungen der gegenseitigen Stellung sind noch nicht wahrgenommen worden.

π Arietis. 311. *H. I.* 64. $\alpha = 2^h 39',4$; $\delta = + 16° 45'$.

Gleichfalls ein dreifacher Stern. Die einzelnen Grössen sind $4^m 9$; $8^m,4$; $10^m,2$. Der entferntere Begleiter ist der schwächere nnd schwer zu beobachten. Im Hauptstern wird eine matte Spur von gelber Farbe bemerkt. Eine gegenseitige Veränderung geht aus der Vergleichung der Beobachtungen *Herschel's* und *Struve's* noch nicht hervor.

210 Herculis. 2120. $\alpha = 16^h 57',6$; $\delta = + 28° 20'$.

Dieser erst von *Struve* entdeckte, keinesweges glänzende Doppelstern ($6^m 4$ gelb; $9^m,2$ tiefblau) lässt schon jetzt eine unzweifelhafte Veränderung der Distanz wie des Positionswinkels erkennen. 1829 zu Anfang August waren diese 3″,835 und 11° 24′; 1836 gegen Ende Juli 3″,100 und 0° 10′. Vielleicht wäre schon eine Bahnberechnung möglich, wenn *Herschel* ihn beobachtet hätte.

18 Honor. Frid. 2942. $\alpha = 22^h 38',2$; $\delta = + 38° 34'$.

Der Hauptstern schön goldfarbig und ins Rosenrothe spielend, $7^m,0$; der Nebenstern aschfarbig nnd $9^m,2$. Die Beobachtungen umfassen nur 3 Jahre, und lassen noch keine Veränderung wahrnehmen.

38 Geminorum. 982. *H. III.* 47. $\alpha = 6^h 44',9$. $\delta = + 13° 24'$.

Diese beiden Sterne ($5^m,4$ gelblich, $7^m,7$ bläulich) stehen 5″,736 von einander entfernt und der Winkel scheint sich sehr langsam zu vermindern. Von *Herschel* (1783) bis *Bessel* (Aug. 1831) beträgt die Abnahme 7° 8′, und die zwischenliegenden Beobachtungen harmoniren mit dieser Angabe.

λ Orionis 738. *H. II.* 9. $\alpha = 5^h 25',6$. $\delta = + 9° 49'$.

Ein $4^m,0$ heller gelblicher Hauptstern hat in 4″,236 Distanz einen $6^m,0$ hellen purpurfarbnen, und in 27″ Distanz einen zweiten ungemein schwachen Begleiter, den *Struve* $12^m,0$ setzt, neben sich. Veränderungen sind noch nicht bemerkt.

α Geminorum (Castor). 1110. *H. II.* 1.

Die beiden Sterne von $2^m,7$ und $3^m,7$ Helligkeit, und grünlich schimmernd. — Bereits 1729 als Doppelstern beobach-

tet, seit welcher Zeit er etwa 100 Grade seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt hat. Die beträchtliche Unsicherheit der ersten Beobachtung wo *Bradley* und *Pound* den Positionswinkel blos schätzen konnten, verhindert bis jetzt noch eine Bestimmung der Elemente. Vierzig Jahre später erst haben ihn *Bradley* und *Maskelyne*, und 1779 im November *Herschel* zum erstenmale beobachtet; seit dieser Zeit sind die Beobachtungen sehr häufig. *Herschel II.* suchte eine Bahn durch Construction zu bestimmen, welche die Beobachtungen bis 1833 ziemlich gut darstellte, seitdem aber je länger je mehr vom Himmel abwich. Deshalb habe ich einen neuen Versuch gemacht, der zwar mit allen Beobachtungen besser als jener harmonirt, aber doch, der oben erwähnten Ursache wegen, noch stark von der Wahrheit abweichen kann. Ich finde

$$a = 7'',008$$
$$\varphi = 52^\circ 52',1 \quad 0,7972. \quad 0,6037.$$
$$\Omega = 23 \quad 5,0$$
$$i = 70 \quad 58,3$$
$$\lambda = 87 \quad 36,8$$
$$T = 1913,902$$
$$U = 230,299.$$

Die Sterne haben jetzt eine Distanz von etwa 5″, und werden diese, wenn die angeführten Elemente einigermassen mit der Wahrheit übereinstimmen, in den nächsten 50 Jahren nur wenig ändern. Fände hingegen *Herschel's* Bahn statt, so würden sie einander fortwährend näher rücken bis 1855, wo der Abstand nur noch 0″,66 wäre.

Anonyma. 1263. $\alpha = 8^h 33',7$; $\delta = + 42^\circ 19'$.

Wahrscheinlich ein optischer Doppelstern. Die beiden Sterne sind $7^m,6$ gelblich und $8^m,2$ weiss. Der kleinere beschreibt in Beziehung auf den Hauptstern eine gerade Linie, auf der er 1828 im Mai 4″,86 Entfernung hatte und fast genau nördlich stand, jetzt (1836 Mai) ist diese Distanz schon 10″,325 und der Winkel 9° 36′. Fand diese Bewegung schon vor 1828 statt, so muss er 1821 im August nur 1″,455 Abstand gezeigt haben. Ist er gleichwohl physisch doppelt, so ist mit Wahrscheinlichkeit eine baldige Umkehr des Begleiters in einer Bahn, die der von 44 Bootis ähnlich wäre, zu erwarten; ist er hingegen optisch, so wird er etwa nach 36 Jahren aufhören, ein in die *Struve*schen Klassen gehöriger Doppelstern zu sein.

σ^2 Ursae maj. 1306. *H. III.* 54. $\alpha = 8^h 55',0$; $\delta = +67^\circ 50'$.

Um einen 5^m hellen, grünlichen Hauptstern hat ein $8^m,2$ heller Begleiter in 54 Jahren 21° seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt, und gleichzeitig seine Distanz beträchtlich (von $7'',9$ auf $4'',6$) vermindert, so dass in den nächsten Jahrzehenden ein sehr nahes Zusammenrücken dieser beiden Sterne zu erwarten ist.

1888. ξ Bootis. *H. II.* 18. $\alpha = 14^h 43',3$; $\delta = +19^\circ 49'$.

Ein gelber $4^m,7$ heller Hauptstern mit einem purpurrothen Begleiter von $6^m,6$ Helligkeit. Der letztere hat von 1780 bis 1802, innerhalb welcher Zeit er wahrscheinlich sein Perihel passirt hatte, 31° seiner scheinbaren Bahn retrograd zurückgelegt, und seitdem in 34 Jahren noch 25°. Damit harmonirt die Zunahme der Distanz, die *Herschel I.* kleiner als $3'',3$ fand und die jetzt $7'',08$ ist. Eine Bahnbestimmung scheint noch nicht möglich. *Herschel II.* versuchte sie 1834 und gab dem Begleiter eine Umlaufszeit von 117 Jahren. Allein seine Bahn weicht jetzt schon zu stark vom Himmel ab, um noch angenommen werden zu können.

α Herculis. 2140. *H. II.* 2. $\alpha = 17^h 6',7$; $\delta = +14^\circ 36'$.

Der Hauptstern $3^m,0$ und glänzend röthlichgelb. Der Begleiter war 1826 von der 7. Grösse, jetzt ist er mindestens von der 5. und in starken Ferngläsern ganz gut am Tage zu erkennen, so wie seine tiefblaue Farbe auf den ersten Blick ins Auge fällt. Auch der Hauptstern ist veränderlich, doch in geringerem Grade. Eine Veränderung der Distanz oder des Positionswinkels ist dagegen noch nicht bemerkt worden.

2264. 95 Herculis. *H. III.* 26. $\alpha = 17^h 54',1$; $\delta = +21^\circ 35'$.

Beide Sterne fast ganz gleich an Glanz ($4^m,9$) aber von sehr verschiedner Farbe, der eine (vielleicht etwas hellere) grüngelb, der andre schön roth. Die gegenseitige Stellung seit *Herschel* noch unverändert; Abstand $6'',06$. Ein leicht und bequem zu beobachtender Doppelstern.

2272. 70 Ophiuchi *H. II.* 4. $\alpha = 17^h 56',6$; $\delta = +2^\circ 33'$.

Die einzelnen Sterne $4^m,1$ gelb und $6^m,1$ purpurfarben, und beide, selbst in Fernröhren zweiten Ranges, ganz gut am Tage zu erkennen. Seit 1779 hat er, in 58 Jahren, schon 323° seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt. Meine Berechnung der Elemente, im Jahre 1836 unternommen, ergab Folgendes:

$$a = 4'',3159$$
$$\varphi = 28^\circ 30',0 \quad 0,4772. \quad 0,8788.$$

$$\Omega = 133^\circ\,46',9$$
$$i = 42\ 51,9$$
$$\lambda = 153\ 27,5$$
$$T = 1806,746$$
$$U = 80,610.$$

Doch scheint es nach den neuesten Beobachtungen, als müsse die Umlaufszeit noch um einige Jahre verlängert, so wie der Neigungswinkel vergrössert werden. Die Zeit der Entscheidung hierüber kann nicht sehr fern sein. Die erste Berechnung von *Encke* ergab 74 Jahre und umfasste nur die Beobachtungen bis 1823. *Herschel's II.* spätere Bahn stimmt näher mit der obigen, sie giebt eine Umlaufszeit von 80,34 Jahren. Eine äusserst genaue und sorgfältige, auf mehr als 720 Messungen basirte Distanz für 1837 September 10 gültig hat *Bessel* gegeben, sie ist 6″,474 und ihr mittlerer Fehler nur 0″,009.

Anonyma. 2332. $\alpha = 18^h 24',0$ $\delta = + 64^\circ 53'$.

Zwei Sterne von $8^m,5$ und 11^m Helligkeit, umgeben von einem elliptisch geformten schwachen Nebel, dessen Brennpunkte diese Sterne einnehmen. Kein anderer der benachbarten Sterne zeigt eine Spur von neblichter Umhüllung. Distanz etwa 12″. — Hier hat es in der That den Anschein, als seien die beiden Sterne integrirende Theile des Nebelflecks.

η Cassiopejae. 60. *H. III.* 3. $\alpha = 0^h 38',5$; $\delta = + 56^\circ 53'$.

Gelber Hauptstern $4^m,0$, purpurfarbner Begleiter $7^m,6$. — Die Winkelbewegung des letztern um den erstern hat in 57 Jahren 30° betragen, die Distanz ist jetzt in Abnahme begriffen. 1820 war sie 10″68; 1836 dagegen 9″,395.

γ Arietis. 180. *H. III.* 9. $\alpha = 1^h 43',9$; $\delta = + 18^\circ 27'$.

Beide Sterne hell und sehr weiss, $4^m,2$ und $4^m,4$, der letztere fast ganz genau nördlich von ersterem stehend, doch ohne dass eine Veränderung zu bemerken ist. Abstand = 8″,631.

γ Andromedae 205. *H. III.* 5. $\alpha = 1^h 53',3$; $\delta = + 41^\circ 30'$.

Durch seine schönen Farben ausgezeichnet. Die Sterne $3^m,0$ goldgelb und $5^m,0$ tiefblau, 10″,332 von einander abstehend, ohne Andeutung einer Veränderung.

Anonyma 1516. $\alpha = 11^h 3',7$· $\delta = + 74^\circ 25'$.

Grössen $7^m,0$ und $7^m,5$; die Farben matt, der hellere gelblich, der schwächere gelblichgrau. Diese Sterne, für welche *Lalande* im Meridianinstrument eine Distanz von 29,″26 (jedoch mit etwa 6″ Unsicherheit) fand, standen 1823 (*Struve*)

nur 14″,22; 1831 9″,930 und 1836 im August 8″,134 von einander entfernt, während der Positionswinkel sich nur unmerklich ändert. Der Begleiter würde hiernach um 1850 dem Hauptstern sich so sehr nähern, dass das Sternenpaar, was vor 40 Jahren zur 8. Classe gehörte und jetzt die 5. durchlaufen hat, zur 2. oder gar zur 1. Classe gezählt werden müsste. Doch ist es noch ungewiss, ob hier nicht eine eigne Bewegung im Weltraume, die nur einem der beiden Sterne zukommt, im Spiele und der Doppelstern zu den optischen zu zählen sei.

γ Delphini. 2727. *H. III.* 10. $\alpha = 20^h 38',8$; $\delta = +15°29'$.

Bei den ausgezeichnet schönen und deutlichen Farben dieses Doppelsterns ($4^m,0$ goldgelb; $5^m,0$ blaugrün) ist es zu verwundern, dass *Herschel I.* sie ausdrücklich „beide weiss" bezeichnet, fast ganz derselbe Fall als bei γ Leonis. Haben diese Sterne ihre Farbe seit 50 Jahren so stark verändert? — Die Distanz 11″,904 so wie der Positionswinkel 273°46′ scheinen sich nicht verändert zu haben.

Anonyma. 1143. $\alpha = 7^h 39',1$; $\delta = +5°55'$.

Bei diesem $7^m,0$ hellen gelben Stern fand *Struve* 1825 im März einen schwachen Begleiter, den er 11. Grösse setzte, die Distanz zu 9″,34 und den Positionswinkel zu 152° bestimmte. Später hat er (1831 und 1832) selbst in den heitersten Nächten den Begleiter nicht wieder gesehen. Vielleicht ist sein Glanz veränderlich, so dass er zu Zeiten unter die Grenze des Erkennbaren herabsinkt.

66 Ceti. 231. *H. IV.* 25. $\alpha = 2^h 3',9$. $\delta = +3°15'$.

Ein gelblicher Stern von $6^m,0$ mit einem blauen von $7^m,8$ zu einem System verbunden. Der Hauptstern hat nach *Argelander* eine bedeutende Bewegung im Raume (in 150 Jahren 1 Minute) die der Begleiter mitmacht. Eben so unzweifelhaft ist seine Bahnbewegung. Von 1821 Januar bis 1836 November hat er sich 3°57′ in seiner scheinbaren Bahn fortbewegt, bei einer fast unverändert gebliebenen Distanz von 15″,5. Es giebt nur wenige Doppelsterne von bedeutenden Distanzen, die in so kurzer Zeit eine Bewegung verrathen.

ζ Ursae majoris. 1744. *H. III.* 2. $\alpha = 13^h 17',0$;
$\delta = +35°51'$

Obgleich längst als Doppelstern bekannt und durch Helligkeit vor allen Doppelsternen der nördlichen Halbkugel ausgezeichnet, hat sich doch noch keine Veränderung der Distanz oder des Positionswinkels mit Sicherheit ergeben. Die Sterne

sind 2^m,[illegible] und 4^m2; beide weiss und mattgrünlich schimmernd; genaue Beobachtungen müssen am hellen Tage angestellt werden. Die Distanz ist 14″,368.

x Bootis. 1821. *H. III.* 11. $\alpha = 14^h 7'',2$ $\delta = + 52^\circ 37'$.

Ein grünlicher Hauptstern 5^m,1 mit bläulichtem Nebenstern 7^m,2. Der Abstand ist 12″,6, und in 50 Jahren hat er sich um 3°36′ in seiner scheinbaren Bahn fortbewegt.

61 Cygni. 2758. *II. IV.* 18. $\alpha = 20^h 59',0$ $\delta = + 37^\circ 54'$.

Gegenwärtig der wichtigste aller Fixsterne. Noch wenige Jahrzehende, und wir werden seine Bahn berechnen können, während *Bessel* uns seine Parallaxe ermitteln wird. Schon hat er sie innerhalb so enger Grenzen bestimmt, als man noch vor 10 Jahren für fabelhaft gehalten haben würde; was die erstere betrifft, so besitzen wir eine Beobachtung *Bradley's* von 1753 October (19″,63 Distanz und 35° 24′ Position) an welche sich (seit 1778) die Namen *Chr. Mayer*, *Herschel*, *Lalande*, *Piazzi*, *Bessel*, *Lindenau*, *Herschel II.*, *South* und *Struve* anschliessen; der letztere findet für Juli 1836 16″,080 und 94° 24′. Ein Sechstel der scheinbaren Bahn ist also zurückgelegt in einem Zeitraume von 83 Jahren, wobei die Distanz sich nicht erheblich verändert hat. Zugleich ist 61 Cygni derjenige Stern, der die rascheste eigne Bewegung (5″166 jährlich) zeigt, der folglich sichre Aussicht gewährt, seinen Abstand, seine Masse, den Halbmesser und die übrigen Elemente der Bahn und seine Fortrückung im Raume nicht blos relativ, sondern nach ihren wahren linearen Werthen kennen zu lernen — wozu kein andrer physischer Doppelstern so bald führen wird. — Die Sterne sind 5^m3 und 5^m9; beide goldgelb, jedoch ist bei dem kleineren die Farbe bestimmter ausgesprochen.

ι Leporis. 655. *H. III.* 67. $\alpha = 5^h 4',3$; $\delta = - 12^\circ 5'$.

Die beiden Sterne dieses Systems sind an Glanz so verschieden (4^m2 und 10^m,5) dass die Auffindung des Begleiters, obgleich ihn *Herschel I.* schon beobachtet und gemessen hatte, weder *H. II.* und *South*, noch *Struve* vor 1829 gelang. Die Bahnbewegung ist unverkennbar. In 53 Jahren hat der Begleiter eine retrograde Bewegung von 23° seiner scheinbaren Bahn gemacht. Die Distanz ist 12″,807 und der Hauptstern zeigt eine mattgrüne Farbe.

100 Piscium. 136. *H. IV.* 131. $\alpha = 1^h 25',6$. $\delta = + 11^\circ 40'$.

Der bedeutenden Distanz (16″,03) ungeachtet hat sich der Positionswinkel seit 48 Jahren um 6° geändert, so dass

eine Bahnbewegung fast unverkennbar ist. Beide Sterne sind weiss, und ihre Grösse $6^m,9$ und $8^m,0$.

Anonyma. 1321. $\alpha = 9^h\, 2',3$; $\delta = +53°\, 26'$.

In diesem Doppelstern, dessen einzelne Glieder fast gleich ($7^m,4$) und gelb erscheinen, reichen ungeachtet einer Distanz von 20″, *Struve's* Beobachtungen allein schon hin, die Winkelbewegung nachzuweisen, die in 16 Jahren 5° betragen hat.

24 Comae Berenices. 1657. *H. IV.* 27. $\alpha = 12^h\, 26',2$; $\delta = +19°\, 21'$.

Die beiden Sterne $4^m,7$ roth, und 6^m2 blau, beide Farben sehr deutlich. *Struve* bemerkt bei diesem Doppelstern, dessen Distanz 20″,4 beträgt, dass die Farbe des einen Sterns schon sichtbar sei, wenn der andre noch gar nicht im Felde des Fernrohrs sich befinde, wodurch also die Ansicht, dass die Farbe des Begleiters eine blosse Complementarfarbe sein möchte, ihre Erledigung findet. Veränderungen der gegenseitigen Stellung sind nicht nachweisbar.

$\varkappa$ Herculis. 2010. *H. V.* 8. $\alpha = 16^h\, 0',1$; $\delta = +17°\, 31'$.

Zwei gelbe Sterne von $5^m,0$ und $6^m,0$ Grösse, *die ihren* Stellungswinkel (9°) nicht merklich geändert haben. Dagegen hat die Distanz seit 133 Jahren merklich abgenommen, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

1703	56″,8	*Flamsteed.*
1782	39,98	*Herschel I.*
1822,7	31,45	*Struve.*
1831,5	31,23	—
1836,3	31,01	—

Die Abnahme selbst ist ausser Zweifel, ob sie aber (wie hieraus zu folgen scheint) im vorigen Jahrhundert stärker gewesen sei als im gegenwärtigen, bleibt bei der Ungewissheit der alten Beobachtungen unentschieden.

o Draconis, 2420. *H. IV.* 20. $\alpha = 18^h\, 48',6$; $\delta = +59°\, 11'$.

Der Hauptstern 4^m6 und glänzend gelb; der Begleiter 7^m6 und aschfarbig. In 55 Jahren hat die Distanz von 26″,6 bis auf 30″,4 zugenommen, der Winkel aber um 15° sich vermindert, so dass eine Bahnbewegung, und zwar von sehr bedeutendem scheinbarem Durchmesser, mit Bestimmtheit angedeutet ist.

δ Herculis. 3127. *H. V.* 1. $\alpha = 17^h, 7',8$; $\delta = +25°\, 3'$.

Ein glänzend grüner Hauptstern von $3^m,0$ mit einem grauweisslichen Begleiter von $8^m,2$. Die Distanz ist in 55 Jahren (1781 — 1836) von 34″,22 auf 24″,88 herabgekommen, wo-

gegen der Winkel von 162° 28′, auf 174° 47′ gelangt ist — eine fast unzweifelhafte Bahnbewegung, und zwar von grossem Durchmesser.

η Persei. 307. *H. IV.* 4. $\alpha = 2^h\,38',1$; $\delta = +55°\,10'$.

Die mit grosser Bestimmtheit ausgesprochenen Farben dieses Systems sind Gelb und Blau, erstere dem Hauptstern ($4^m,0$) letztere dem Begleiter ($8^m,5$) zukommend. Der Abstand ist 28″,0; die Winkelbewegung dagegen, die in *Herschel's* Beobachtungen angedeutet schien, hat sich nicht bestätigt.

τ Ophiuchi. 2262. *H. I.* 88. $\alpha = 17^h\,53',4$; $\delta = -8°\,10'$

Die Grössen $4^m,7$ und $5^m,8$, beide Sterne gelblich. — Diesen schwierigsten aller gemessenen Doppelsterne hatte *Herschel I.* als länglicht in der Richtung 331° 36′ wahrgenommen, *Struve* fand ihn mehrere Jahre hindurch nur einfach, ohne die geringste Andeutung einer elliptischen Gestalt. 1827 erschien er zuerst länglicht; 1835 schienen beide Scheibchen einander zu berühren, und gegen Ende September war bei 1000maliger Vergrösserung und ausgezeichnet heitrer Luft die Spur einer Trennung wahrnehmbar, so dass die Distanz geschätzt wurde. 1836 endlich zeigte sich die Trennung bestimmt. Die Mittel aus den Beobachtungen sind nun folgende

1783,27	länglicht	331° 36′	*Herschel I.*
1825	einfach		*Struve.*
1827,28	länglicht	146° 0′	*Struve.*
1835,68	0″,35	192° 54	*Struve.*
1836,62	0,436	199° 54′	*Struve.*

Eine Umlaufszeit von etwa 85 Jahren in direkter Richtung scheint diesen Angaben zu entsprechen. Doch wird man noch mehrere Beobachtungen abwarten müssen.

ε Equulei. 2757. *H. III.* 21. $\alpha = 20^h\,50',3$; $\delta = +3°\,37'$.

Bei *Herschel I.* doppelt, von *Struve* durch Zerlegung des Hauptsterns als dreifach erkannt $5^m,7$ gelblich; $6^m,2$ gelblich; $7^m,1$ grauweiss. Der Abstand der beiden ersten ist nur 0″,35 bis 0″,40; der dritte und schwächste hat 10″,9 Distanz und scheint eine Winkelbewegung zu verrathen, die in 55 J. 6½° beträgt.

ϑ Orionis. 748. *H. III.* 1. $\alpha = 5^h\,26',7$; $\delta = -5°\,32'$.

Fünffaches physisches System. Es ist das längst bekannte Trapez im Nebelfleck des Orion, welches noch einen fünften von *Struve* entdeckten Stern enthält. Die Sterne, in der Fig. mit A bis E bezeichnet, zeigen sich folgendermassen: A 7^m0 weiss, B $8^m,0$ grauweis, C $4^m,7$ gelblich, D $6^m,3$ gelblich, E 11^m3. Die vier Sterne A bis D können durch 6 gerade Linien mit ein-

ander verbunden werden, man kann also 6 Distanzen und 6 Winkel messen. Diese enthalten aber nur 6 unabhängige Bestimmungen, nämlich für jeden der 3 übrigen Sterne 2 Coordinaten in Bezug auf den Hauptstern. Es lässt sich also zur Verbesserung der Messungen die Methode der kleinsten Quadrate anwenden. *Struve* entwickelt die hierher gehörigen Formeln, berechnet die Seiten und Winkel und bringt auch noch die Verbesserung, welche die Refraktion erforderlich macht, an diese an. Der 5te sehr schwache Stern E ist nur von A aus gemessen. Verglichen mit den von *Herschel* angegebenen, so wie denen von *South* und *Struve* (1820 im 5füssigen Fernrohr) wird noch keine Stellungsveränderung bemerklich, wenn nicht etwa B seinen Ort um ein Geringes verändert hat.

σ Orionis. 762. *H. II.* 11. $\alpha = 5^h\,30',0$; $\delta = -2^0\,43'$.

Vierfach. Die einzelnen Sterne: A $4^m,1$ weiss; B $10^m 3$; C. $7^m,5$ grau; D $7^m,0$ grau. — In den Distanzen und Winkeln hat sich seit *Herschel* nichts verändert. Nahe bei diesem vierfachen steht ein dreifaches System, so dass man beide zugleich, nur $3\frac{1}{2}'$ von einander entfernt, zugleich im Felde des Fernrohrs erblickt.

Polaris. 93. *H. IV.* 1. $\alpha = 0^h\,59',3$; $\delta = +88^0\,24'$.

Der $2^m,0$ helle gelbliche Polarstern hat einen Begleiter von $9^m,0$ und weisser Farbe, der $18'',274$ von ihm entfernt ist, aber in 20 Jahren keine Veränderung der Stellung gezeigt hat. Dass er eine von dem Hauptstern etwas verschiedene Aberrations-Constante habe, ist bereis oben erwähnt. Einmal hat ihn *Struve* bei Tage gesehen.

Die kleinsten Begleiter, welche *Struve* noch durch seinen Refraktor wahrnehmen kann, bezeichnet er mit 12^m und 13^m. Zu den letzten gehört der Nebenstern von α^2 Cancri, eines Sterns von $4^m,5$ Grösse, von *Herschel II.* als Doppelstern entdeckt. Die Messungen sind stets um so leichter und zuverlässiger, je gleicher die Sterne einander an Glanz und Farbe sind. Messungen bei Tage sind stets denen bei Nacht vorzuziehen, sobald beide Sterne hinreichende Helligkeit haben, um bei Tage bequem gesehen werden zu können. Die grösste Schwierigkeit machen diejenigen Begleiter, welche im Vergleich zu ihrem Hauptstern sehr schwach glänzen und diesem sehr nahe stehen. Die Messung wird in einem solchen Falle oft nur mehr eine Schätzung sein können.

§. 224.

Noch keiner der Doppelsterne in weiterm Sinne, von 32″

bis 7′ Distanz, welche *Struve* untersucht hat, und von denen die meisten auch schon von *Herschel* dem Vater beobachtet waren, hat bis jetzt die geringste Andeutung einer Stellungsveränderung ergeben, die auf eine Bahn bezogen werden könnte; woraus geschlossen werden kann, dass da, wo wirklich in diesen Sternen ein physischer Nexus statt findet, die Umlaufszeiten nicht wohl unter 20000 Jahren sein können.

Die oben angeführten Betrachtungen haben aber die Wahrscheinlichkeit gezeigt, dass auch noch unter diesen Sternenpaaren eine physische Verbindung statt finde, ja es lässt sich auf gleiche Weise darthun, dass auch selbst Doppelsternsysteme mit andern Doppelsternsystemen zu einem System höherer Klasse verbunden vorkommen. Hierzu wird es erforderlich sein, zuerst die Vertheilung der Doppelsterne am Himmel etwas näher zu betrachten.

In der Einleitung zu seinem Catalogus novus giebt *Struve* das Resultat einer Zählung der Doppelsterne nach Stunden der geraden Aufsteigung, innerhalb der von ihm angenommenen Grenzen. Es finden sich, wenn man die 24 Stunden in 6 Gruppen vertheilt:

Stunde	0^h	93 Doppelst.	4^h	148	8^h	128	12^h	122	16^h	124	20^h	130
	1^h	126	5^h	209	9^h	94	13^h	83	17^h	154	21^h	103
	2^h	136	6^h	171	10^h	102	14^h	116	18^h	179	22^h	116
	3^h	144	7^h	161	11^h	101	15^h	109	19^h	175	23^h	86
		499		709		425		430		632		435.

Diese Ungleichheit wird durch die Milchstrasse veranlasst, in der die Anzahl aller Sterne, mithin auch der Doppelsterne, häufiger ist. Die Ungleichheit würde noch stärker hervortreten wenn man die Doppelsterne geringerer Grössen mitnehmen wollte, denn das numerische Uebergewicht der Milchstrassensterne tritt desto entschiedener hervor, je geringere Helligkeitsklassen betrachtet werden. Doch zeigen sich auch in der Milchstrasse mehrere Strecken, wo Doppelsterne verhältnissmässig seltner sind, z. B. die, welche vom Schweife des Schwans durch die Eidechse, Friedrichsehre, den Scepter des Cepheus und die Mitte der Cassiopeja zieht. Im Allgemeinen aber ist die Vertheilung im Grossen nicht so ungleich, dass eine Anwendung des Wahrscheinlichkeitsgesetzes, wie sie oben in Bezug auf die einzelnen Doppelsterne gegeben ist, nicht auch auf die Verbindungen mehrerer Paare unter sich statthaft sein sollte.

Nach Ausschliessung der zweimal gezählten, nicht wieder gefundenen, oder als einfach erkannten Sterne des Catalogus,

und Hinzufügung der neu entdeckten erhält man 3070 Doppelsterne, vertheilt in dem Himmelsraume von + 90° bis — 15° Declination. Untersucht man die Wahrscheinlichkeit, dass 2 dieser Paare innerhalb x Minuten scheinbarer Entfernung auseinanderstehen, wenn diese Art der Verbindung nur aus der (zufälligen) Stellung der Erde hervorgeht und die erwähnte Verbindung also eine optische ist, so findet man, ähnlich wie oben:

$$\frac{3070.\ 3069}{2} \cdot \frac{\sin^2 {}^1\!/_2}{\sin^2 52\,{}^1\!/_2{}^0} = 0{,}158\,x,$$

welcher letztere Ausdruck hinreichend genau ist, wenn x nicht auf mehrere Grade steigt. Setzen wir für x nach einander die Werthe 20′, 10′, 5′, 2′, so findet sich, dass, der Wahrscheinlichkeit nach, optische Verbindungen eines Doppelsternpaars mit einem andern bei *Struve* vorkommen müssen

zwischen	20′ und 10′	Distanz	47	mal
„	10′ und 5′		12	„
„	5′ und 2′		3	„
innerhalb	2′		½	„

Zwar sind die Oerter der Doppelsterne im Allgemeinen noch nicht so genau bestimmt, dass nicht Fehler von 2 bis 3 Minuten zu befürchten wären, wenn man die Distanzen aus den Angaben des Catalogs berechnet; aber dies wird dem Gesammtresultat keinen Eintrag thun. Eine wirkliche Zählung zeigt, dass die erwähnte Verbindung vorkomme,

zwischen	20′ und 10′	Distanz	50	mal
„	10′ und 5′		20	„
„	5′ und 2′		22	„
innerhalb	2		19	„

und dass mithin, der Wahrscheinlichkeit nach, unter diesen Verbindungen physische vorkommen

zwischen	20′ und 10′	3
„	10′ und 5′	8
„	5′ und 2′	19
innerhalb	2′	18 bis 19

Auch unter diesen Verbindungen zeigen sich vielfache. Die Doppelsterne 950, 951, 952, 3117, 3118 lassen unter sich 10 Verbindungen zu, und die Distanzen sind: 8′, 8′, 13′, 14′, 15′, 13′, 18′, 14′, 10′, 8′. Ein Kreis mit dem Radius 9′ umschliesst alle fünf Doppelsternpaare. Das erstere derselben (950) ist 15 Monocerotis und der Hauptstern 6. Grösse.

Vier Paare auf einem Raume von 16′ Halbmesser finden sich im Cepheus, und unter ihnen ist ein dreifacher Stern, Nr. 2816 des Verzeichnisses. Dreifache Verbindungen kommen vor zwischen 54, 55 und 56, wo die Distanzen nur 5′; 4′; 4′ betragen; bei 151, 152 und 153, wo sie 1′; 8′; 8′ sind; bei 747, 752 und 754 und noch einigemale.

Der Verbindung des vierfachen Sterns 762 mit dem 3fachen 761 (im Orion) bei 4′ Distanz ist bereits oben gedacht, so wie der beiden Doppelsterne ε und 5 Lyrae, welche die hellsten unter den hierhergehörigen sind. — Mehrmals finden sich zwischen solchen Gruppen einzelne Sterne von ausgezeichneter Helligkeit.

Eben so ist die völlig oder doch sehr nahe gleiche Grösse der einzelnen Sterne in solchen Verbindungen merkwürdig. In 757 und 758 (Distanz 1′) sind sämmtliche 4 Sterne 8^m; in 1386 und 1387 (Distanz 3′) gleichfalls; bei der dreifachen Combination 1091, 1092, 1096 sind 5 Sterne 8^m und einer 9^m. In 1974 und 3128 (Distanz 3′) sämmtliche Sterne 9^m. Auch symmetrische Combinationen sind nicht selten: 268 und 270 (Distanz 13′) sind 7^m,8^m und 7^m,8^m; bei 617 und 618 (Distanz 4′) findet sich 8^m,5 ; 8^m,5 und 7^m,5; 7 ,5. Die Doppelsterne 1398 und 1400, (3′ Distanz) sind 7^m,5;10^m und 7^m 5; 10^m. Aehnliches findet statt bei 2531 und 2532 (Distanz 8′), Sterne 8^m,5; 10^m und 8^m,5; 10^m; und bei 2709 und 2710 (Distanz 4′) zeigen sich 8^m; 10^m und 8^m;10^m.

Es deutet also Alles darauf hin, dass wir unter diesen Verbindungen Systeme höherer Ordnung zu suchen haben; Doppelsternpaare die um andre Doppelsternpaare kreisen und Partialgruppen in dem allgemeinen Heere des Fixsternhimmels darstellen. — Die specielle Entscheidung wird am sichersten durch Untersuchung der eignen Bewegungen möglich sein, um so mehr als die Bewegung, die eine Folge der physischen Verbindung ist, hier nur eine äusserst langsame, erst nach mehreren Jahrhunderten oder Jahrtausenden bemerkbare sein kann. Bis jetzt können nur ε und 5 Lyrae als solche aufgeführt werden, deren eigne Bewegung sicher bekannt ist, und wir erhalten nach *Argelander*.

	Eigne Bewegung in AR.	in Decl.	
für 5 Lyrae	+ 0″,011	+ 0,085	jährlich
ε Lyrae	+ 0, 006	+ 0,070	
Differenz	0″,005;	0″,014;	

Hinreichend übereinstimmend, um die eigne Bewegung in beiden Paaren als gleich und ihren Nexus als einen physischen höherer Ordnung zu betrachten. Hoffentlich werden wir bald im Stande sein, die Frage noch für mehrere dieser Gruppen zu entscheiden.

Zehnter Abschnitt.

Chronologie.

§. 225.

Zu allen Zeiten hat der Himmel gedient, Zeit und Raum für den Erdbewohner abzumessen und die Geschäfte des bürgerlichen Lebens zu ordnen, und selbst die gebildetsten Völker der Jetztwelt, für welche das Bedürfniss, beide vom Firmament zu entlehnen, weniger unmittelbar und dringend zu sein scheint, schöpfen dennoch aus derselben Quelle, nur dass sie dieses Geschäft grösstentheils den gelehrten Forschern und mechanischen Künstlern übertragen haben, die ihnen Kalender und Uhr liefern und ihnen die gemessenen Räume durch Karten und andre Hülfsmittel vor Augen stellen. Solcher Bequemlichkeiten entbehrte das Alterthum, entbehrte grösstentheils selbst das klassische Griechenland und Rom, so wie auch noch heut alle nicht durch europäische Kultur umgewandelte Völker: für sie ist vielmehr „der Himmel, seine Welten und seine Wunder" — wie ein hochverdienter nun dahingeschiedner Astronom sein Werk benannte — die alleinige Uhr sammt Kalender und Wegweiser. Daher darf es uns nicht verwundern, wenn nicht allein halbkultivirte, sondern selbst ganz rohe Völker bei näherer Bekanntschaft eine überraschende Kenntniss des Firmaments und eine den Europäer im Erstaunen setzende Sicherheit in den Zeit- und Ortsbestimmungen, welche sie dieser Kenntniss verdanken, an den Tag legen. Der Mexikaner, obgleich er es nicht bis zur Buchstabenschrift gebracht hatte, errichtete dennoch seinen Tempel, bis auf wenige Minuten Abweichung, nach den Weltgegenden; der Araucane, der Tahitier

und Sandwichsinsulaner, lange bevor europäische Cultur den Weg zu ihm gefunden, hatte schon den sämmtlichen Planeten und den wichtigsten Fixsternen eigne Namen gegeben, beobachtete das Kreuz des Südens und die Sterne der Argo auf seinen nächtlichen Zügen durch die pfadlosen Thäler und gelangte sicher an sein Ziel. Und selbst in unsern heimischen Fluren sehen wir oft den Hirten, der bei Nachtzeit seine Heerde bewacht, der Hülfsmittel leicht entbehren, welche die Cultur der Städte ihm darbieten könnte, denn der grosse und der kleine Bär, die er besser als mancher sich hoch über ihn erhaben dünkende Musensohn kennt, sagen ihm wann und wohin er sich zu wenden habe.

Und in der That, auch die höchste Vollendung menschlicher Wissenschaft und Kunst wird nie vermögen, Werkzeuge darzustellen, die an Regelmässigkeit und Sicherheit des Gebrauches der grossen Weltenuhr gleichkäme, die von einer höhern Hand gelenkt wird; abgesehen davon, dass selbst der Grad von Vollendung, dessen sein mechanisches Werkzeug fähig ist, ohne Hülfe der Himmelsbewegungen weder erreicht, noch selbst erkannt werden könnte. Die Umdrehung der Erde um ihre Axe erfolgt mit einer Gleichförmigkeit, der selbst die allerschärfste Beobachtung noch keine Anomalie hat abgewinnen können, eben so wenig als die theoretische Untersuchung eine dergleichen andeutet; sie ist zugleich durch alle Jahrhunderte und Jahrtausende hin so constant, dass wir z. B. fest versichert sind, zu *Hipparchs* Zeiten sei der Tag noch nicht um $^1/_{200}$ Sekunde länger oder kürzer gewesen als gegenwärtig*). Der Umlauf der Erde um die Sonne entbehrt zwar dieser absoluten Constanz, denn das mittlere tropische Jahr kann in den verschiednen Zeitaltern um 38 Sekunden verschieden ausfallen und auch das siderische ist Störungen unterworfen, die bis auf einige Minuten in Zeit gehen können, allein die Wissenschaft hat Mittel gefunden, diese Ungleichheiten zu berechnen und sicher vorauszubestimmen, wodurch sie praktisch genommen aufhören, Ungleichheiten zu sein. Der Mondslauf, das wich-

*) Dieses wichtige Resultat, aus welchem *Laplace* ganz folgerecht den Schluss zieht, dass die Erde im Ganzen seit jener Zeit weder wärmer noch kälter geworden sein könne, gewinnt man durch Vergleichung der Mondsörter, wie die Finsternissbeobachtungen der Alten sie ergeben, mit den in unsern Tagen beobachteten unter Zuziehung der Elemente der Mondsbahn.

tigste Element für die Zeiteintheilung bei den Alten, zeigt noch beträchtlich grössere Ungleichheiten, doch auch von diesen gilt das so eben Gesagte, und nur die Incongruenz der Zeitabschnitte, welche uns der Mondslauf darbietet, mit den durch die Sonne gegebenen, nach welchen Tages- und Jahreszeit sich regeln, hat schon vor 1900 Jahren dahin geführt, ihn nicht länger als Eintheilungsprinzip beizubehalten.

§. 226.

Die Bestimmung der Zeit, wenn sie am Himmel gemacht werden soll, steht im genauesten Zusammenhange mit der der **Weltgegenden**. Am leichtesten würden **Osten** und **Westen** durch den Auf- und Untergang der Sonne zu erhalten sein, wenn nicht in allen ausserhalb des Aequators und seiner nächsten Umgebung liegenden Gegenden diese Punkte im Laufe des Jahres sehr beträchtlich nach Norden und Süden hinrückten. Dennoch finden wir bei den ältesten Völkern der Erde **Abend** und **Morgen** früher erwähnt und angewandt als Mittag und Mitternacht, welche sich schärfer bestimmen lassen, allein auch den Gebrauch irgend eines — wenn auch *noch* so rohen — künstlichen Hülfsmittels erfordern.

Die Bemerkung, dass auf halbem Wege zwischen Auf- und Untergang jeder Weltkörper, folglich auch die Sonne, seinen höchsten Stand in Bezug auf den Horizont erreicht, folglich ein senkrecht stehender Gegenstand um diese Zeit und nach dieser Richtung hin den kürzesten Schatten zeigen wird, führte darauf, durch diesen Schatten den **Meridian** zu bestimmen. Da aber der Moment, wo der Schatten die geringste Länge zeigt, direkt nicht genau wahrgenommen werden kann, indem die Aenderungen dieser Länge um die Mittagszeit herum zu gering sind, so kann man zunächst in folgender Art verfahren.

Man errichte einen senkrechten Stab von beliebiger Höhe und ziehe von seinem Fusspunkte aus concentrische Kreise von beliebiger Anzahl in solchen Distanzen, dass der Endpunkt des Schattens nach und nach in die Peripherien dieser Kreise trifft. Man bemerke nun während des Vormittags diese Punkte (die in einer gegen den Stab hin convexen Curve liegen werden) und fahre Nachmittags damit fort, wenn der Schatten sich wieder verlängert und nach und nach die Kreise wieder erreicht, durch welche er sich früher zurückzog. Verbindet man hierauf die dem gleichen Kreise gehörenden Punkte durch eine gerade Linie, so wird die Normale, welche man vom Fuss-

punkte des Stabes auf diese Linie zieht, die Richtung des Meridians bezeichnen. Da man an mehreren Kreisen beobachtet hat, so wird man — wegen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler — auch mehrere Richtungslinien erhalten, die indess nahe übereinstimmen werden, wenn kein Versehen vorgegangen ist, aus denen man die mittlere Richtung nimmt.

Dies Verfahren setzt voraus dass die Deklination der Sonne sich in der Zwischenzeit nicht verändere, was annähernd wahr ist, wenn die Sonne dem Sommer- oder Wintersolstitio nahe steht. Man wählt also am besten den Tag des Solstitiums selbst. Da ferner die Schatten der Sonne nicht scharf begrenzt sind, wenn der Stab lang ist, und die Richtungen zu unsicher werden, wenn er selbst und folglich auch die gefällten Normalen nur kurz sind, so ist es besser an das obere Ende des Stabes eine dünne metallne Platte mit einer kleinen runden Oeffnung anzubringen, und nicht den Endpunkt des Schattens, sondern das durch diese Oeffnung fallende Sonnenbild zu beobachten und an den Peripherien der Kreise die Punkte zu bemerken, wo der Mittelpunkt dieses Sonnenbildes sie berührt habe.

Ist auf diese Weise die Richtung NS bestimmt, so wird man leicht durch fortgesetzte Halbirung der Bogen die Punkte O, W, NO, NW u. s. w. bestimmen können.

Die genaueren, in der Astronomie gebräuchlichen Methoden, den Meridian zu finden, setzen schon den Gebrauch einer Uhr voraus, auf deren gleichförmigen Gang wenigstens innerhalb einiger Stunden man sich verlassen kann, oder sie sind doch sehr künstlich und erfordern mehr als einen gleichzeitigen Beobachter. — Uebrigens kann man bei gehöriger Sorgfalt auf dem oben angedeuteten Wege schon zu einer Mittagslinie gelangen, die hinreichende Genauigkeit besitzt, um z. B. ein Gebäude nach den Himmelsgegenden zu orientiren, eine Sonnenuhr einzurichten u. dgl. mehr.

§. 227.

Diese Sonnenuhren waren entschieden die ältesten Uhren, die den Menschen von der Natur selbst an die Hand gegeben wurden. Der Mensch durfte nur den Schatten eines Baumes, einer Bergspitze, ja selbst nur seinen eignen mit einiger Aufmerksamkeit betrachten, um die Zeit so genau zu bestimmen als seine einfache und kunstlose Lebensweise es erforderte. Die künstlichen Sonnenuhren sind Nachahmungen dieser natürlichen. Man lässt den Schatten einer gradlinigten Kante

auf eine **ebene Fläche** fallen, und die verschiednen Arten der Sonnenuhren unterscheiden sich nur durch die Winkel, welche diese Ebenen und Kanten mit der Ebene des Aequators oder der des Horizonts machen.

Die **einfachste** (nicht unbedingt **leichteste**) Einrichtung einer Sonnenuhr ist gegeben, wenn man die Ebene dem Aequator und die schattenwerfende Kante der Erdaxe parallel macht. Da in diesem Falle die Tageskreise der Sonne der Ebene parallel sind und die schattenwerfende Kante dem Pole, also demjenigen Punkte des Himmels, um welchen herum gleichen Bogen gleiche Zeitabschnitte zugehören, so hat man nur den Umfang dieser Ebene durch gleiche Winkel vom Mittelpunkte aus in so viel gleiche Theile zu theilen als man zur bequemen Erkennung der Zeit machen will. Derjenige Theilungspunkt, welcher der Stunde 12 entsprechen soll, muss mit demjenigen Meridian, der durch den Anfangspunkt desselben geht, in einer vertikalen Ebene liegen, was sich durch ein Loth oder auf andre Weise leicht bewerkstelligen lässt.

Wird eine solche Uhr unter den **Polen** der Erde errichtet, so liegt die Ebene **horizontal** und die Schattenkante senkrecht auf dem Horizont. Unter dem Aequator muss die Ebene vertikal von O nach W stehen und die Schattenkante horizontal gerichtet sein, auch muss sie hier auf beiden Seiten der Ebene errichtet werden um die Sonnenuhr in allen Jahreszeiten brauchbar zu machen. Während des Sommers der Nordhalbkugel ist sodann die Nordseite, während des Winters die Südseite diejenige, auf welcher sich die Schatten projiciren, während die entgegengesetzte dann ganz im Dunkel liegt.

Zwischen Aequator und Pol (auf der schiefen Kugel) unter der Breite φ wird dagegen die Ebene mit dem Horizont des Orts den Winkel $90° - \varphi$, und die Kante den Winkel φ bilden; übrigens wird man, wie unter dem Aequator, beide Seiten der Fläche für Beschattung einrichten müssen, wenn die Uhr in allen Jahreszeiten brauchbar sein soll. Im Winter wird sodann die untere, im Sommer die obere Fläche die Stunden angeben.

Die schattenwerfende Kante ist am besten die Seite eines Dreiecks, das in der auf dem Meridian senkrechten Ebene errichtet wird. Man könnte einfacher einen Stab wählen, allein die Schatten eines solchen sind minder scharf und würden bei etwas bezogenem Himmel leicht ganz unkenntlich werden, während die breite Dreiecksfläche noch hinreichend deutliche Schatten wirft.

Jeden durch Sonnenlicht begrenzten Schatten umgiebt ein sich allmählich verlierender Halbschatten, der im Bogen (vom Anfangspunkte des Schattens aus) 32′ gross ist und 2 Minuten Unsicherheit in Bestimmung der Zeit veranlasst. Nimmt man die ohngefähre Mitte dieses Halbschattens als Grenze an, so wird man die einzelne Minute stets richtig erhalten und der Fehler nur Sekunden betragen können; und mehr Genauigkeit verlangt man von einer Sonnenuhr in der Regel nicht.

§. 227.

Die Einrichtung der im vorigen §. beschriebnen Aequatoreal-Sonnenuhr führt uns auf die Horizontaluhr. Die Schattenkante des Dreiecks muss, wie bei der vorigen, der Weltaxe parallel liegen. Die Fläche auf welcher die Schatten sich projiciren, ist horizontal und die Stundenlinien müssen folglich Projektionen der Stundenlinien einer Aequatorealuhr sein. Hat man den Meridian bestimmt, so kann man die Winkel t′ der Stundenlinien mit dem Meridian aus dem Stundenwinkel t und der Polhöhe φ durch die Formel

$$\operatorname{tg} t' = \operatorname{tg} t \sin \varphi$$

berechnen und durch Hülfe eines Winkelinstruments eintragen. So sind z. B. für die Polhöhe $52\frac{1}{2}{}^{\circ}$ (genau die des Platzes Belle-Alliance zu Berlin) die Stundenlinien einer Horizontaluhr die folgenden:

						Diff.
3½	Morg.	8½	Abd.	134°	2′	7° 59′
4	„	8	„	126	3	8 28
4½	„	7½	„	117	35	8 55
5	„	7	„	108	40	9 15
5½	„	6½	„	99	25	9 25
6	„	6	„	90	0	9 25
6½	„	5½	„	80	35	9 15
7	„	5	„	71	20	8 55
7½	„	4½	„	62	25	8 28
8	„	4	„	53	58	8 0
8½	„	3½	„	45	58	7 32
9	„	3	„	38	26	7 6
9½	„	2½	„	31	20	6 43
10	„	2	„	24	37	6 26
10½	„	1½	„	18	11	6 11
11	„	1	„	12	0	6 1
11½	„	½	„	5	59	5 59.
12	„	0	„	0	0	

Um einigermaassen zu beurtheilen, wie weit eine solche für eine bestimmte Polhöhe eingerichtete Sonnenuhr unter andern naheliegenden Polhöhen brauchbar sei, mögen hier dieselben Stundenlien für 53½° Br. (nahe der von Stettin) nebst dem Unterschiede gegen Berlin, stehen

3½ M.	und 8½ A.	133° 39′.	— 23′.	
4 „	8 „	125 42	— 21	
4½ „	7½ „	117 17	— 18	
5 „	7 „	108 27	— 13	
5½ „	6½ „	99 18	— 7	
6 „	6 „	90 0	0	
6½ „	5½ „	80 42	+ 7	
7 „	5 „	71 33	+ 13	
7½ „	4½ „	62 43	+ 18	
8 „	4 „	54 18	+ 21	
8½ „	3½ „	46 21	+ 23	
9 „	3 „	38 48	+ 22	
9½ „	2½ „	31 40	+ 20	
10 „	2 „	24 54	+ 17	
10½ „	1½ „	18 24	+ 13	
11 „	1 „	12 9	+ 9	
11½ „	½ „	6 4	+ 5	
12 „	0 „	0 0	+ 0	

Man würde also, wenn eine für Berlin eingetheilte Sonnenuhr in einem um 1° nördlicher oder südlicher gelegenen Orte aufgestellt werden sollte, entweder die Linien um die in der letzten Columne angegebenen Winkelgrössen verändern, oder Fehler in der Zeitbestimmung bis zu 1½ Minute, die aus dieser Quelle entspringen, übersehen müssen.

§. 228.

Statt der angegebenen Berechnung kann man auch ein blos constructives Verfahren anwenden. Man ziehe (Fig. 51) die Linie CT und verlängere sie unbestimmt über T hinaus; setze an C den Winkel TCB = der Polhöhe des Ortes, ziehe TB normal auf CT und BR normal auf CB, mache ferner RV auf der verlängerten Linie = BR und ziehe von V aus mit VR den Quadranten RS, den man in 6 (oder wenn man halbe und Viertelstunden bezeichnen will, in 12 und 24) Theile theilt. Man ziehe hierauf Re senkrecht auf CR, und hierauf von V aus durch die Theilungspunkte die Linien V a, V b u. s. w. bis an die Linie R e; so werden C a, C b u. s. w. die Stundenlinien sein, die man bis an den Rand der Ebene verlängert.

Bringt man nun C R in den Meridian, und errichtet auf C T das Dreieck CBT senkrecht auf die Ebene in der es hier verzeichnet ist, so werden die Linien C a 11, C b 10, C c 9, C d 8 u. s. w. die Stundenlinien für den Vormittag von 6 bis 12, und auf der andern Seite erhält man die Nachmittagslinien C 1, C 2 u. s. w. wenn man die einzelnen Winkel den entsprechenden an der Vormittagsseite gleich macht. Endlich erhält man die Linien für die Stunde 5, 4 u. s w. Vormittags, wenn man die für die gleichnamigen Nachmittagsstunden rückwärts über C hinaus verlängert, und in ähnlicher Weise auch die für die Stunde 7, 8 u. s. w. Nachmittags.

Dem eingetheilten Rande kann man jede beliebige Form geben, da es allein auf die Richtung der Stundenlinien ankommt.

In den gnomonischen Schriften wird gezeigt, wie Sonnenuhren in jeder beliebigen Lage der eingetheilten Fläche zu verzeichnen sind, was wir hier übergehen können, eben so wie die Verfertigung der Sonnenringe u. dgl.; was sich übrigens Alles sehr leicht ergiebt.

§. 229.

Will man blos den wahren Mittag wissen, so kann man bei der oben beschriebenen Einrichtung stehen bleiben und durch einen senkrechten Stab, in dem oben eine Oeffnung angebracht ist, das Bild der Sonne auf eine Meridianlinie fallen lassen. Eine solche Einrichtung heisst ein Gnomon. Statt des Stabes wählt man Säulen oder hohe Mauern, wodurch man zugleich eine grössere Unveränderlichkeit des Standes erzielt. Je höher die Oeffnung sich über dem Fussboden befindet, desto genauer wird der Mittelpunkt bezeichnet. Den höchsten bekannten Gnomon errichtete *Toscanella* in Florenz 1467 in der Kuppel der dortigen Kathedrale, er lag 277 Fuss über dem Boden. In der Petroniuskirche zu Bologna befindet sich eine 180 Fuss lange von Metall eingelegte Linie, welche *Cassini* gezogen hat, und die dazu gehörige Oeffnung im Gewölbe ist 83½ Fuss hoch. Man findet noch in den italienischen Städten, so wie zu Paris, Marseille und andern Orten solche alte Gnomone, die aber von den Astronomen jetzt nicht mehr angewandt werden, da sie die jetzt erforderte und auf andern Wegen erreichbare Genauigkeit nicht gewähren können.

Auch hat man versucht, den Augenblick des wahren Mittags für das Gehör zu bezeichnen. Man bringe da, wohin der durch die erwähnte Oeffnung fallende Sonnenstrahl trifft, einen kleinen Brennspiegel, und im Focus desselben eine kleine

Quantität Schiesspulver an, wodurch ein Kanonenschlag erzeugt wird, sobald die Sonne den Meridian erreicht hat. Der Ort des Brennspiegels muss indess jeden Tag verändert werden, um der jedesmaligen Declination der Sonne zu entsprechen; und trübe oder zu kalte Tage veranlassen so häufige Ausfälle, dass diese Vorrichtung nur geringen praktischen Nutzen gewährt.

Da überhaupt Sonnenuhren nicht die jetzt fast allgemein gebräuchliche mittlere, sondern die wahre also ungleiche Sonnenzeit zeigen, so sind sie jetzt mehr und mehr ausser Gebrauch gekommen. Früher bei grösserer Unvollkommenheit der Uhren, waren sie unentbehrlich, und überdies rechnete man bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts im bürgerlichen Leben fast allgemein nach wahrer Sonnenzeit. Beide Zeiten mit einander zu vergleichen, dient die Zeitgleichung, über welche in den vorigen Abschnitten bereits das Nöthige gesagt ist.

§. 230.

Die Zeit in der Nacht zu bestimmen, würde der Mond das beste Mittel darbieten, wäre sein Lauf nicht so *sehr* ungleich und liesse sich über denselben ein nur einigermaassen zustimmender einfacher Cyclus aufstellen. Da dies nicht der Fall ist so müsste man für jede einzelne Nacht insbesondere die Zeit seiner Culmination und ausserdem noch, beiläufig wenigstens, die Schnelligkeit seines Laufes kennen, woraus sich das Gesuchte leicht ergeben würde. Deshalb übergehen wir hier die sogenannten Monduhren. Praktischer und allgemeiner anwendbar sind die Sternuhren, die am besten für bestimmte, stets sichtbare Sterne eingerichtet werden. In ganz Europa und allen Ländern gleicher nördlicher Breite sind der Polarstern und die beiden Sterne α und β des grossen Bären (die sogenannten Hinterräder) stets sichtbar, und culminiren gleichzeitig mit einander. Aus ihrer geraden Aufsteigung ist leicht zu berechnen, wann sie mit der Sonne zugleich in den Meridian gelangen, wir haben nämlich für ein in der Mitte zwischen zwei Schaltjahren liegendes Jahr, wie 1842.

AR. α Ursae majoris	$10^h\ 54'$
AR. ☉ am 4. Septbr.	10 51,6
am 5. —	10 55,2

so dass die Nacht vom 4. bis 5. Septbr. diejenige ist, in welcher die Sonne und α Ursae majoris die gleiche Rectascension haben.

Man verbinde nun zwei Scheiben von Holz oder Messing

so, dass die innere beweglich ist, theile den Kreis der äussern Scheibe in die 12 Monate und 365 Tage des Jahres ab und befestige am Instrument eine Handhabe, deren Mitte auf die Nacht vom 4. bis 5. Septbr. gestellt und befestigt ist. Im Mittelpunkt der innern Scheibe dreht sich ein messingnes Lineal um ein Gewinde. Die innere Scheibe wird in 24 Stunden getheilt, und um auch im Dunkeln diese Theilung durchs Gefühl abzählen zu können, schneidet man rund herum Zähne ein, so dass der grösste Zahn der 12. oder Mitternachtsstunde gehört. Das Lineal ragt über den äussern Rand hinaus und hat in der Mitte des Gewindes, um welches es sich bewegt, ein Loch, welches mit einer Seite des Lineals in gerader Linie liegen muss.

Man wolle nun z. B. in der Nacht vom 8. zum 9. April die Zeit bestimmen, so stelle man zuerst den grössten Zahn der innern Scheibe auf den $^8/_9$. April der äussern, fasse die Uhr beim Handgriff und halte sie gegen Norden aufrecht, so dass die bezeichnete Seite sich gegen Süden kehrt und ihre Ebene ohngefähr um den Winkel der Aequatorhöhe gegen den Horizont geneigt ist, sehe durch das in der Mitte befindliche Loch nach dem Polarstern und verschiebe das Lineal so lange, bis längs der Kante desselben die beiden Sterne α und β des grossen Bären und gleichzeitig durch das Loch der Polarstern gesehen wird, so ist die an dieser Seite des Lineals liegende Stunde die gesuchte.

Auch ohne eine solche Vorrichtung wird man durch jeden Stern, dessen Rectascension man kennt, und den Polarstern die Stunde der Nacht bestimmen können, ohne in unsern Breiten um mehr als 10 Minuten zu fehlen. Der Polaris giebt nämlich, auch ausser seinen Culminationen, immer die Richtung N beiläufig an, wenn man durch das Zenith und ihn einen grössten Kreis zieht, und die S Richtung findet sich, wenn man diesen grössten Kreis auf der andern Seite des Zeniths verlängert. (zwei senkrecht stehende Gegenstände z. B. zwei weisse Stäbe, so in den Boden befestigt, dass sie für das Auge einander decken, wenn sie beide den Polaris decken, bezeichnen diese Richtung auf eine bequeme Weise.

Man stelle sich nun auf die andre Seite, das Auge nach Süden gewendet, und merke welcher helle Stern in der Culmination oder dieser doch möglichst nahe steht, so dass man im letztern Falle leicht schätzen kann, wie viel Zeit noch bis zu seiner Culmination verfliessen werde, oder bereits verflossen

sei. Aus der Rectascension des Sterns ergiebt sich sodann leicht die Stunde, wo er Nachts culminirt. Da aber eine Tafel der Rectascensionen nicht Jedem zur Hand, und im Gedächtniss zu bewahren ebenfalls schwierig sein dürfte, so kann statt einer solchen der Jahrstag dienen, an welchem der Stern um Mitternacht culminirt.

Es findet sich für die Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts:

für Castor	d. wahre Mittern. z.	10. Jan.	d. mittl. z.	12. Jan.
Procyon	—	12. -	—	14. -
Alphard	—	7. Feb.	—	10. Feb.
Regulus	—	17. -	—	21. -
Denebola	—	16. März	—	18. März
Spica	—	11. April	—	11. April
Arcturus	—	25. -	—	24. -
Gemma	—	16. Mai	—	15. Mai
Antares	—	29. -	—	28. -
Wega	—	30. Juni	—	30. Juni
Athair	—	17. Juli	—	18. Juli
α des Wassermanns	—	21. Aug.	—	21. Aug.
α der Andromeda	—	24. Sept.	—	22. Sept.
α d. Widders	—	26. Oct.	—	22. Octb.
α i. Wallfisch	—	9. Nov.	—	5. Nov.
Aldebaran	—	1. Dec.	—	28. -
Sirius	—	31. Dec.	—	31. Dec.

Die vorstehenden Culminationen erfolgen im Süden, die folgenden im Norden unterhalb des Polarsterns:

für Deneb (α im Schwan)	d. wahre Mittern. z.	27. Jan.	d. mittl z.	30. Jan.
α der Cassiopeja	—	30. März	—	1. April
α des Perseus	—	12. Mai	—	11. -
Capella	—	9. Juni	—	9. Juni
α des grossen Bären	—	5. Sept.	—	4. Sep.
γ des grossen Bären	—	20. Sept.	—	18. Sep.
η des grossen Bären	—	21. Oct.	—	18. Oct.
α Lyrae	—	30. Dec.	—	30. Dec.

Durch die Data der ersten Columne erhält man die wahre, durch die der zweiten die mittlere Zeit. Für jeden Monat später culminirt der Stern zwei Stunden früher (für jeden Tag 4 Minuten).

Man habe nun z. B. in der Nacht vom 5. zum 6. März die Culmination der Spica beobachtet, so giebt die Tabelle

Spica 11. April
6. März
1 Monat 5 Tage früher

also die Culmination 2 Stunden 20 Minuten nach Mitternacht

In der Nacht vom 13. zum 14. October habe man Athair beiläufig 12 Grad (48 Minuten Zeit) über seine Culmination hinaus, also westlich, beobachtet, so giebt die Tabelle

Athair 18. Juli
14. October
2 Monat 27 Tage später

also Culmination 5 Stunden 48 Min. vor Mitternacht
d. h. 6 Uhr 12 Min. Abends
er war darüber hinaus - — 48 —
also Zeit 7 Stunden Abends mittlere Zeit.

§. 231.

Da Sonnenuhren bei trüber Witterung und des Nachts ihre Dienste versagten, so war man zu andern Mitteln genöthigt, und so entstanden zuerst die Wasser- oder Sanduhren. Durch eine kleine runde Oeffnung lief Wasser oder feiner trockner Sand aus einem Gefäss in ein andres, wozu jedesmal nahe dieselbe Zeit erfordert würde. Gewöhnlich wurden sie auf eine Stunde eingerichtet, und die beiden Gefässe symmetrisch gemacht, so dass man sie nach dem einmaligen Ablaufen nur umzukehren brauchte. Ein solche Uhr bedurfte eines Wärters, der sie zur rechten Zeit umkehrte und beobachtete, übrigens konnten sie nicht ganz genau sein, denn bei verschiedner Temperatur floss das Wasser und bei verschiednem Feuchtigkeitszustande der Luft auch der Sand in ungleicher Zeit ab; überdiess verdunstete das Wasser und es war schwierig, stets die gleiche Quantität in den Gefässen zu erhalten.

Von grosser Wichtigkeit war demnach die Erfindung der Räderuhren, die im Anfange des 11. Jahrhunderts in Italien gemacht wurde. Man nennt einen Mönch in Bologna, *Pacificus*, als den ersten Erfinder, indess steht dies keinesweges fest. Auch blieben sie Jahrhunderte hindurch sehr unvollkommen

und man findet nicht, dass die Astronomen davon irgend einen Gebrauch machten wo es sich um genaue Zeitbestimmungen handelte; vielmehr entnahmen sie bei jeder einzelnen Beobachtung die Zeitbestimmung unmittelbar vom Himmel, so beschwerlich dies auch war. Die Erfindung der Taschenuhren im J. 1500 zu Nürnberg gemacht, war für die Sternkunde von geringer Wichtigkeit, von desto grösserer dagegen die des Uhrpendels, welche wir *Huyghens* verdanken. Von jetzt an war die Möglichkeit, eine Uhr zu genauen astronomischen Bestimmungen zu benutzen, in Aussicht gestellt, und die bedeutenden Preise, welche besonders in England zu Anfang des 18. Jahrhunderts ausgesetzt wurden, veranlasste die Künstler auf Mittel zu sinnen, um auch denjenigen Uhren, welchen man keinen festen Standort geben konnte, namentlich den Schiffsuhren, die Vollkommenheit und Genauigkeit zu verschaffen, welche die Pendeluhren erreicht hatten. Nunmehr konnte auch für das bürgerliche Leben die wahre Zeit mit der mittleren vertauscht werden, welche letztere die eigentlich wahre d. h. gleichförmige Zeit ist, und die Gnomone kamen ausser Gebrauch. — Bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts waren es fast allein die englischen Künstler, *Harrison* (der 10000 Pfd. Sterling als die Hälfte des ausgesetzten Preises erhielt), *Mudge*, *Emery*, *Arnold* u. a. die sich mit Erfolg auf die Verfertigung der Chronometer und Time-Keepers (wie insbesondere die Schiffsuhren genannt wurden) beschäftigten. Später kamen auch französische (wie *Breguet*) und deutsche Künstler (wie *Kessels* und *Tiede*) hinzu, so dass Pendeluhren, wie man sie noch vor 50 Jahren zu den besten zählte, jetzt von den Chronometern weit überflügelt sind, und das Pendel nur dadurch noch einen Vorrang behaupten kann, dass es dieselben Verbesserungen in sich aufgenommen hat, und dass bei ihm eine vollständigere Ausgleichung des Einflusses der Wärme, als bei den Chronometern, möglich ist; so dass es in der That scheint, als sei gegenwärtig von Seiten der Mechanik die höchstmöglichste Grenze der Vollkommenheit erreicht.

§. 232.

Alle gesittete Völker der Erde theilen jetzt den mittleren Sonnentag in 24 Stunden, und diese durch fortgesetzte Division mit 60 in Minuten, Sekunden und etwa noch Tertien, eine Uebereinkunft der Zeitmessung und Zeiteintheilung, wie sie auch den Raum- und andern Maassen zu wünschen wäre Eben so ist das Zusammenfassen von 7 Tagen in einen grös-

sern Zeitabschnitt, die Woche, seit den allerältesten Zeiten in allgemeinem Gebrauch. In Frankreich wurde während der Staatsumwälzung zu Ende des 18. Jahrhunderts eine Decimal-Eintheilung des Tages, so wie ein Zusammenfassen von 10 Tagen zu einer Decade statt der Woche, eingeführt, jedoch nur kurze Zeit beibehalten. Was dagegen die grösseren Zeitabschnitte, Monat und Jahr betrifft, so ist eine solche Uebereinstimmung noch keinesweges allgemein erreicht worden, so dass wir zwischen Monden- und Sonnenjahren, und bei diesen letztern zwischen altem und neuem Kalender, unterscheiden müssen.

Den Anfangspunkt der (24) Stunden, welche den Tag bilden, liessen die alten Völker mit dem Einbruche der Nacht oder bestimmter mit dem Untergange der Sonne zusammenfallen, die natürlichste Zählungsweise in Ermangelung von Uhren. Denn Mittag und Mitternacht sind durch kein bestimmtes Moment hervorgehoben und den Aufgang der Sonne kann auch der Fleissigste leicht verschlafen. So ward die Nacht zum folgenden Tage gerechnet*).

Als man die Ungenauigkeit, welche in dem bald früheren, bald späteren Untergange der Sonne lag, zu fühlen begann und eine grössere Gleichförmigkeit Bedürfniss ward, gewöhnte man sich allmählich, den wirklichen Tag in bestimmtere Theile zu theilen, den Anfang der Nacht, den man noch durchwachte, als Abend zum vergangenen Tage zu zählen und nur die letztere Hälfte derselben, die der Ruhe gewidmet war, dem folgenden Tage zu lassen. Dies führte auf die Mitternacht als Anfangspunkt des Tages, wie es jetzt wohl allgemein eingeführt ist wo man die Zeit durch Uhren bestimmt. Nur in der Astronomie hat die Praxis des Beobachtens eine andere Zählungsweise veranlasst. Um nämlich der Unbequemlichkeit, die Beobachtungen einer Nacht auf zwei verschiedene Kalendertage vertheilen zu müssen, zu entgehen, zählt man den astronomischen Tag vom Mittag an und theilt ihn nicht wie den bürgerlichen, in 2 mal 12, sondern direkt in 24 Stunden, d. h. man zählt die letzteren von 1 bis 24 fort. So ist der 9. Dec. 9 Uhr Vormittags astronomisch bezeichnet der 8. Dec. 21 Uhr.

§. 233.

Die Monate waren ursprünglich, wie auch ihr Name

*) „Und es ward Abend, und es ward Morgen; der erste Tag." Gen. 1, 4. (nach der wörtlichen Uebersetzung des Hebräischen).

andeutet, vom Mondslaufe hergenommen. Das erste Wiedererscheinen des Mondes nach seiner Conjunction, was bei einigen Völkern durch öffentlichen Ausruf verkündigt wurde, begann den neuen Monat. Da dies bald 29, bald 30 Tage währte, so führte dies dahin, die Monate abwechselnd 29 und 30 Tage währen zu lassen. Nach 12 solchen Monaten war beiläufig dieselbe Jahrszeit zurückgekehrt (wenigstens passte die Zahl 12 etwas besser als 13) und so enthielt das Jahr 12 Mondmonate à $29\frac{1}{2}$ Tage, oder 354 Tage.

Die verschiedenen Bemühungen, dieses Jahr mit dem Sonnenjahre (dessen genaue Länge 365 T. 5 St. 48 Min. 45. Sek.) in Uebereinstimmung zu bringen, veranlassten Einschaltungen einzelner Tage oder auch ganzer Monate nach Verlauf gewisser Perioden, deren immer genauere Bestimmung die Alten vielfach beschäftigt hat

Da der synodische Umlauf des Mondes 29 Tage 12 St. 44′ 2″,8 beträgt, so kommen auf 12 dieser Perioden 354 Tage 8 St. 48′ 33″,6, mithin 10 Tage 21 St. 0′ 11″ zu wenig im Vergleich zum Sonnenjahre. Nach Verlauf von 19 Jahren sind diese zu 206 T. 15 St. 3′ 29″ angewachsen, welche sehr nahe mit 7 Mondenmonaten (206 T. 17 St. 8′ 20″) übereinkommen. Dies führte darauf, innerhalb 19 Jahren 7 Monate einzuschalten, so dass 12 derselben zu 12 Monaten und 7 zu 13 Monaten gerechnet wurden. Der Fehler betrug, wie man sieht, nach 19 Jahren etwa 2 Stunden, und also erst in etwa 2 Jahrhunderten einen Tag.

Meton führte zuerst diese Einschaltung ein, und alle Völker, welche nach Mondenjahren zählen, haben sie, wiewohl unter verschiedenen Formen, angenommen. Die 19jährige Periode empfahl sich noch besonders durch die nahe gleiche Wiederkehr der Finsternisse, sowohl der Sonne als des Mondes. Da nämlich nicht allein die Voll- und Neumonde beiläufig auf dieselben Tage des Sonnenjahres, wie vor 19 Jahren, einfallen, sondern auch der Umlauf der Mondsknoten nach 18 Jahren 228 Tagen, also ungefähr 19 Jahren, vollendet ist, so wird der Mond sowohl in Länge als Breite alle 19 Jahr ohngefähr denselben Lauf nehmen, folglich auch dieselben Finsternisse folgen lassen.

§. 234.

Immer aber blieb es sehr unbequem, nach so ungleichen und veränderlichen Jahren zu zählen, und die Zeitrechnung musste den Priestern überlassen werden, die sich, wie z. B.

im alten Rom sehr häufig geschah, mit den Machthabern häufig verständigten, und die Jahre bald länger bald kürzer machten um einen Konsul länger im Amte zu erhalten oder einen neugewählten früher eintreten zu lassen. Der Unordnung, die besonders seit den Bürgerkriegen in dieser Beziehung eingerissen war, suchte *Julius Caesar* zu steuern. Nicht weniger als 67 vergessene Tage mussten in einem Jahre eingeschaltet werden. Der ägyptische Mathematiker *Sosigenes*, den er dabei zu Rathe zog, schlug vor, den Mond gänzlich aus dem Spiele zu lassen und den Lauf der Sonne ausschliesslich zur Normirung des Jahres zu benutzen. Für die Länge des Sonnenjahres setzte er 365 Tage 6 Stunden, wohl nur der Einfachheit wegen, denn wahrscheinlich kannte man damals die Länge des Jahres schon genauer, allein man hielt es für hinreichend genau ganze Stunden zu zählen.

Nach dieser unter dem Namen des Julianischen Kalenders bekannten Einrichtung hat das Jahr 365 Tage, jedes 4te dagegen 366 Tage, so dass nach dem 23. Februar ein Tag eingeschaltet wird. Der Fehler eines mittlern Jahres beträgt also hier 11 Minuten 15 Sekunden, welche nach 128 Jahren zu einem ganzen Tage angewachsen sind und folglich im Laufe der Jahrhunderte dahin führen müssen, die Monate in andre Jahrszeiten fallen zu lassen. Nach 10000 Jahren z. B. wird bei denjenigen Völkern der nördlichen Halbkugel die alsdann noch den *Julian*ischen Kalender beibehalten haben, October der kälteste und April der wärmste Monat des Jahres sein.

Die Monate der alten Römer waren ursprünglich folgende:

1. Martius
2. Aprilis
3. Majus
4. Junius
5. Quintilis
6. Sextilis
7. September
8. October
9. November
10. December

Numa führte noch 11. Januarius und 12. Februarius hinzu, die man früher als in die Mitte des Winters fallend, nicht weiter beachtet zu haben scheint, doch blieb der Anfang des Jahres beim 1. März, wo der ausgewählte Consul sein Amt antrat und sofort ins Feld rückte. Als später die Herrschaft der

Römer sich über die Grenzen Italiens hinaus erstreckte und die Staatsverwaltung zusammengesetzter wurde, fand man, dass die neuen Consuln zu spät bei den Armeen eintrafen und um dies zu vermeiden, ward ihr Amtsantritt auf den 1. Januar gesetzt, und dies hat Veranlassung gegeben dass der Jahrsanfang bei allen Völkern die den *Julian*ischen Kalender annahmen, noch heut auf den 1. Januar fällt. Der Quintilis und Sextilis vertauschten später ihre Namen; um das Andenken *Caesars* und *Octavianus* zu verewigen, wurden sie zum Julius und Augustus; die 4 letzten Monate September bis December behielten die ihrigen, obgleich sie jetzt eigentlich unpassend geworden waren.

§. 235.

Gleichwohl sind sowohl in älteren als neueren Zeiten die verschiedensten Zeiten zum Anfange des Jahres gewählt worden. In der katholischen Kirche war es lange Zeit hindurch der Ostersonntag. In England und an einigen Orten Italiens rechnete man noch im 18. Jahrhundert vom Frühlingsäquinoctium an; andre Völker vom Herbstaquinoctium, oder wie die Juden, von dem Neumonde, welcher diesem Aequinoctio zunächst liegt. Das Kirchenjahr fängt mit dem 1. Decbr. an, und da dieser Zeitpunkt in meteorologischer Beziehung zugleich den natürlichsten Anfang des Winters bildet, so wählt man ihn für solche Uebersichten ebenfalls gern.

Nach *Julius Caesars* Kalenderverbesserungen sollte das Frühlingsäquinoctium auf den 21. März fallen. Zur Zeit der Nicänischen Kirchenversammlung 325 n. C. corrigirte man die 3 Tage Abweichung, welche sich bis dahin gezeigt hatten; allein im Jahre 1582 unter dem Pontificat *Gregors XIII.* ging der Fehler abermals auf 10 Tage, so dass das Frühlingsäquinoctium auf den 11. März fiel, wie es nach der Bemerkung im vorigen §. nicht anders sein konnte. Deshalb veranstaltete dieser Pabst eine Verbesserung der alten Julianischen Jahresrechrechnung. Er verordnete:

1) Nach dem 4. Octbr. 1582 sollen zehn Tage weggelassen und folglich der 15. gezählt werden.
2) Die Schaltjahre sollen zwar wie bisher in jedem 4. Jahre statt finden, allein in den Secularjahren sollen sie wegfallen, wenn nicht die ganzen Hunderte durch 4 theilbar sind.

Hiernach war also 1600 ein Schaltjahr, 1700, 1800 und 1900 gemeine Jahre und 2000 erst wieder ein

Schaltjahr, wodurch dem Fehler, der in 128 Jahren 1 Tag betragen hatte, so weit abgeholfen ward, dass er erst nach 3300 Jahren einen Tag beträgt. Denn es haben nach dieser Bestimmung 400 Jahre 97 Schalttage folglich:

$$400 \times 365 + 97 = 146097 \text{ Tage.}$$

Da aber die mittlere Länge des tropischen Jahres 365 T. 5 St 48 Min. 45 Sek. beträgt, so haben 400 tropische Jahre 146096 Tage 21 Stunden mithin fehlen in 400 Jahren 3 Stunden

Die Rechnung ist nicht ganz genau, denn das mittlere tropische Jahr ist etwas veränderlich, indess ist der Fehler so gering, dass es mehrere Jahrtausende Zeit hat, bis eine Verbesserung nöthig wird.

Die Veränderlichkeit des tropischen Jahres ist eine zweifache. Einerseits bewirken die periodischen Störungen der Planeten eine Veränderlichkeit des siderischen Jahres, die auf 15 — 20 Minuten der Dauer gehen kann, sich aber nie anhäuft, sondern nach kurzer Zeit wieder ausgleicht, die aber natürlich auch auf das tropische Jahr übergeht. Sekuläre Störungen des siderischen Jahrs sind nicht vorhanden, dies behält stets die gleiche mittlere Länge. Allein die Vorrückung der Nachtgleichen ist nur in so weit constant, als sie von Sonne und Mond abhängt. Da nämlich ein obwohl geringer Theil dieser Vorrückung Wirkung der Planeten ist, deren Elemente selbst veränderlich sind, so giebt es sekuläre Veränderungen dieses Theils der Präcession, welche die mittlere Dauer des tropischen Jahrs um etwa eine Minute ändern können. Im Jahre 3040 v. Chr. war das tropische Jahr am längsten, etwa ½ Min. länger als jetzt, wo es nur noch 2—3 Sekunden über seinem mittleren Werthe steht. Im Jahre 2360 n. Chr. wird es seine mittlere Länge von 365 T. 5 St. 48 Min. 44,6 Sekunden erreichen, und dann weiter bis zum Jahre 7600 n. Chr. abnehmen, wo es auf 365 T. 5 St. 48 Min. 9 Sek. herabsinkt. Das Summiren dieser Ungleichheiten durch so viele Jahre bewirkt, dass nie ein Kalendercyclus gefunden werden kann, der nicht wenigstens um 1 bis 1½ Tage vom Himmel abwiche, wenn er einige tausend Jahre damit übereinstimmte. —

Die beste d. h. am genauesten dem Himmel sich an schliessende Kalendereinrichtung würde durch Weglassen eines Schaltjahrs nach je 128 Jahren erhalten werden, was genau ein Jahr von

365 T. 5 St. 48 Min. 45 Sek.

giebt. Vielleicht wäre die Einführung dieser Verbesserung, nach welcher es nie wieder einer neuen bedürfte, ein Mittel, auch die jetzt noch dissentirenden und nach dem julianischen Kalender zählenden Osteuropäer in Uebereinstimmung mit den übrigen Nationen zu bringen.

Noch verdient bemerkt zu werden, dass eine der gregorianischen sehr nahe kommende (oder eigentlich noch etwas besser zustimmende) Kalendereinrichtung schon im 11. Jahrhundert vom *Omar Cheian* in Persien gemacht worden ist. Er führte einen Cyclus von 33 Jahren ein, enthaltend 25 gemeine zu 365 und 8 Schaltjahre zu 366 Tagen, setzte also ein Jahr von 365 T. 5 Std. 49 Min. $5\frac{5}{11}$ Sekunden voraus; $6\frac{6}{11}$ Sekunden richtiger als das gregorianische.

3) Ostern soll jedesmal an dem Sonntage, der auf den ersten Vollmond im Frühlinge folgt, gefeiert werden, und hiernach sollen sich alle beweglichen Feste des Jahrs richten. Dies war schon von der Nicänischen Kirchenversammlung festgesetzt worden. Sollte indess der Ostersonntag mit den jüdischen Ostern zusammenfallen, so soll er um eine Woche später verlegt werden.

Dieser Kalender ward sofort in allen katholischen Staaten eingeführt; in den protestantischen blieb man noch über ein Jahrhundert hindurch bei dem julianischen, bis endlich, besonders durch *Leibnitz* und *Weigels* Bemühungen, im J. 1700 die protestantischen Stände in Deutschland, Holland, Dänemark, der Schweiz u. s. w. nach dem 18. Februar sogleich auf den 1 März zählten und damit dem gregorianischen Kalender sich anschlossen. Um ihn jedoch nicht ganz aufzunehmen (was den strengen Protestanten anstössig war, da die katholische Kirche diesen Kalender wie einen Glaubensartikel behandelt hatte) bestimmte man, dass der Ostervollmond nicht wie dort nach einer cyclischen Rechnung, sondern astronomisch genau bestimmt werden sollte. Ausserdem wurden viele Na-

men der Heiligen verändert. England nahm diesen Kalender erst im J. 1752 und Schweden 1753 an, Russland und Griechenland, so wie die morgenländischen Christen überhaupt, rechnen noch heut nach dem alten julianischen Kalender, wiewohl die Unbequemlichkeiten desselben in diesen Ländern längst gefühlt worden.

Der unerhebliche Unterschied in der Bestimmung des Osterfestes ist im J. 1777 durch Reichstagsbeschluss ebenfalls aufgehoben worden, und Ostern wird jetzt in der protestantischen Kirche, wie in der katholischen, cyclisch bestimmt.

§. 236.

Im gregorianischen Kalender hat man, um die einzelnen Jahre durch bestimmte Merkmale zu unterscheiden, drei Cyclen eingeführt. Der erste ist der Sonnenzirkel, eine Periode von 28 Jahren, nach deren Ablauf die Wochentage wieder an den gleichen Monatstagen wiederkehren. Man addire 9 zur Jahrszahl und dividire die Summe durch 28, so giebt der Rest die Zahl des Sonnenzirkels. Im Jahre 1841 ist dieser Zirkel 2; 1839 war er 28, da die Division keinen Rest übrig liess. Diese Regel gilt jedoch (im gregor. Kalender) nur für das gegenwärtige Jahrhundert. Der Sonntagsbuchstab hängt mit diesem Zirkel zusammen; es ist derjenige Buchstab, welcher auf den ersten Sonntag des Jahres trifft, wenn man den 1. Januar mit A, den 2. mit B u. s. w. bezeichnet. Zählt man bis G fort und fängt dann wieder mit A an, so erhält jeder Sonntag des Jahrs denselben Buchstaben. Da aber im Schaltjahre der 24 Februar keinen Buchstaben erhält, so wird es in einem solchen zwei Sonntagsbuchstaben geben, deren einer bis zum 24 Febr., der andre nachher gilt. So ist der Sonntagsbuchstab

1840 E bis zum 24 Febr.; D nachher
1841 C.
1842 B.
1843 A.
1844 G und nach dem 24. Febr. F. u. s. w.

Man findet im gegenwärtigen Jahrhundert den Sonntagsbuchstaben, wenn man die seit 1800 verflossene und um ihren 4. Theil vermehrte Anzahl Jahre durch 7 theilt und den Rest von 5 oder 12, je nachdem es angeht, abzieht. So für 1854:

1854 — 1800 = 54
+ 13
7/67 5
9 Rest 4. — 4
1 Sonntagsbuchstab A.

Der zweite Cyclus ist der **Mondszirkel**, eine Periode von 19 Jahren (s. oben). Das erste Jahr dieses Cyclus ist dasjenige, wo der Neumond am ersten Januar einfällt. Die Zahl, welche das Jahr, vom Anfang des Zirkels an gezählt, bezeichnet, heisst die **goldne Zahl**. Man addirt zur gegebenen Jahrszahl 1 und dividirt durch 19, so ist der Rest die goldne Zahl, und bleibt kein Rest, so ist sie 19 selbst. So 1841 + 1 = 1842; dies durch 19 dividirt lässt 18 zum Rest, also ist 18 die goldne Zahl für 1841. Von einem astronomisch genauen Zutreffen der Neumonde auf die durch diesen Cyclus bestimmten Tage kann natürlich nicht die Rede sein.

Der dritte Cyclus, ohne alle astronomische Bedeutung und rein willkührlich eingeführt, ist die sognannte Römer Zinszahl, deren Periode 15 Jahre beträgt. Man vermehrt die Jahrzahl um 3 und dividirt mit 15, so ist der Rest die Römer Zinszahl, und 15 selber, wenn kein Rest bleibt.

§. 237.

Der **jüdische** Kalender hat Mondenjahre und Einschaltungen, um den Sonnenjahren wieder nachzukommen. Das gewöhnliche Jahr hat 6 Monate von 30 und 6 von 29 Tagen, zusammen 354 Tage, das Schaltjahr 384; alle 19 Jahre treten 7 Schaltjahre ein. Allein da bei den Juden das Jahr nie am Sonntag, Mittwoch oder Freitag anfangen, überhaupt ein streng zu feiernder Festtag nie unmittelbar vor oder nach dem Sabbath einfallen darf, so müssen sie bald einen Tag mehr, bald einen weniger zählen, und so haben sie

abgekürzte gemeine Jahre	: 353	Tage
ordentliche gemeine Jahre	: 354	„
überzählige gemeine Jahre	: 355	„
abgekürzte Schaltjahre	: 382	„
ordentliche Schaltjahre	: 384	„
überzählige Schaltjahre	: 385	„

Ihre Monate sind die folgende:

Tisri	30	Tage	
Marchesvan	29	„	(30)
Cislev	30	„	(29)

Tebeth	29	Tage
Sheat	30	„
Adar	29	„
(Veadar)	30	„
Nisan	30	„
Ijar	29	„
Sivan	30	„
Tamuz	29	„
Ab	30	„
Elul	29	„

Der 1 Tisri fällt in unsern September, allein der Monatstag ist natürlich veränderlich. Die eingeklammerte Zahl bei Marchesvan gilt für die überzählige, und bei Cislen für die abgekürzten Jahre: Veadar ist der Schaltmonat.

Der Kalender der Türken enthält ein reines Mondenjahr, wobei die Sonne gar nicht in Betracht kommt. Ihr Jahr hat 354 oder 355 Tage, ohne alle weitere Einschaltung. Natürlich fällt ihr Jahresanfang nach und nach in alle Jahreszeiten, und eben so auch die übrigen Feste. Die Monate sind:

Moharrem	30	Tage
Safar	29	„
Rebî el awwel . .	30	„
Rebî el accher . .	39	„
Dschemâdi el awwel	30	„
Dschemâdi el accher	29	„
Redscheb . . .	30	„
Schaban	29	„
Ramadân . . .	30	„ (Fasten Monat).
Schewwâl . . .	29	„
Dsû'l-Kade . . .	30	„
Dsû'l-hedsche . .	29	„ (30)

Der 1 Tisri 5603 ist gleich dem 5. Sept. 1842;

Der 1. Moharrem 1258 ist gleich dem 12. Februar 1842.

§. 238.

Die Epochen (Anfangspunkte) der Zeitrechnungen sind verschieden. In der christlichen Kirche rechnet man allgemein nach der Geburt Christi d. h. nach dem Jahre, welches *Dionysius Exigenes* im Anfange des 6. Jahrhunderts dafür setzte, als er vom Pabste den Auftrag erhielt, eine christliche Zeitrechnung auszuarbeiten. Im altrömischen Reiche hatte man allgemein nach Jahren der Erbauung Roms gerechnet und nur der Untergang desselben scheint auf die Idee geführt zu ha-

ben, eine christliche Zeitrechnung einzuführen. Ob *Dionysius* das Jahr richtig bestimmt habe, ist mehr als zweifelhaft; man kann mit ziemlicher Gewissheit annehmen, dass unsre Rechnung um 3 — 4 Jahre zu kurz sei und dass im Anfang Septembers 1841 in der Wirklichkeit 1844 Jahre seit der Geburt des Heilands verflossen seien*).

Noch viel unglücklicher sind die Versuche ausgefallen, die Erschaffung der Welt (richtiger: den Anfang unsers Geschlechts) zur Epoche zu machen. Während z. B. die Juden nur 3761 Jahre bis zum Anfange der christlichen Zeitrechnung zählen, setzen andre Chronologen mit *Petavius* 3984 Jahre, so dass 1842 n. C. = 5826 wäre; und die neuern Griechen setzen gar 5508 Jahre bis zum Anfange unsrer Jahre, machen also 1842 n. C. = 7350. Die gänzliche Unmöglichkeit, hier zu entscheiden, ist längst anerkannt und der Versuch vollständig aufgegeben, es ist also, wenn man einmal nach Weltjahren rechnen will, ziemlich gleich, von wo man ausgeht.

Etwas zuverlässiger sind die Zeitrechnungen, welche die Erbauung einer Stadt, den Anfang einer Dynastie *u. dgl.* als Epoche setzen. Die Römer zählen von Erbauung Roms (A. V. C.) so dass 1842 n. C. = 2595 A. V. C., doch liegt einige Ungewissheit in diesem Zeitpunkte. — Die alten Griechen zählten von Errichtung der olympischen Spiele, und ihre Zählung ist nur um 23 Jahre von der altrömischen verschieden, um welche Zeit sie früher beginnt. — Die Türken und andern muhamedanischen Völker zählen von der Flucht Muhameds vom 16. Juli 622 unsrer Zeitrechung; sie müssten also 1842 ihr 1220stes Jahr anfangen, während sie schon das 1258. haben: eine Folge der völligen Ausschliessung der Sonne aus ihrer Jahrsrechnung. Ein Türke von 100 Jahren ist nach christlicher Rechnung erst 97 Jahre alt.

Die neueren Versuche, Epochen einzuführen, z. B. die während der französischen Staatsumwälzung eingeführte Zählung vom Jahre der Republik (Sept. 1792) gingen bald wieder unter; die angeführte Zeitrechnung währte z. B. nur 14 Jahre. Eine allgemeine Uebereinstimmung der Völker ist bei der jetzigen Sachlage schwer zu erwarten. Vielleicht datirt man einst vom Ende

*) Nach Vergleichung aller Umstände scheint es, dass Christus im Anfange unsers Septembers geboren worden sei; wenigstens sicher nicht um Weihnachten, ein Fest das ganz irrthümlicher Weise als der Geburtstag Christi angesehen wird.

der Kriege auf der Erdkugel; so lange dies aber nicht geschehen kann, möge immerhin jedes Volk bei seiner bisherigen Zählung bleiben: denn so lange das, was dem einem Volke zum Ruhme gereicht, dem andern als Demüthigung erscheinen muss, so wird man sich vergebens nach einer Epoche umsehen, die eine wirklich allgemeine Einführung zu gewärtigen hätte.

§. 239.

Kurze Geschichte der Astronomie.

Es ist bereits in den vorigen Theilen dieses Werks sowohl der ältern als der neuern Geschichte der Astronomie vielfältig gedacht werden, und wir haben einzelnen Gegenständen z. B. den verschiednen Systemen der Weltordnung, eigne Abschnitte gewidmet. Auch kann eine vollständige Geschichte nicht anhangsweise, sondern nur in eigends derselben gewidmeten Werken gegeben werden, wie sich denn auch schon *Montucla*, *Bailly*, *Airy*, *Whewell* u. A. durch gründliche Arbeiten auf diesem Felde verdient gemacht haben. Hier soll daher nur ein mehr allgemeiner Ueberblick der wichtigsten Hauptthatsachen gegeben und zum Studium grösserer Werke über diesen Gegenstand vorbereitet werden.

Von einem ersten Erfinder oder Urheber der Sternkunde im Allgemeinen kann wohl nur in so fern gesprochen werden, als das erste vernunftbegabte Wesen, welches diese Erde bewohnte, auch gewiss das erste war, das den Himmel beobachtete und auf die an ihm sich zeigenden Veränderungen achtete. Sehr bald musste die Regelmässigkeit, mit welcher jene Veränderungen vor sich gingen, darauf führen, sie zum Zeitmaasse derjenigen Veränderungen zu machen, welche Natur und Menschen auf der Erde bewirkten oder erfahren. Die älteste Astronomie also ist Chronologie, und erst weit später kam man dahin, sie auch aus andern Gesichtspunkten zu betrachten und ihr einen von der Erde und ihrem Treiben unabhängigen Werth zuzugestehen.

Fast jedes der alten Völker macht einen Gott oder einen Heroen, den es zugleich an die Spitze seiner Geschichte stellt, zum Urheber der Sternkunde, womit nichts Anderes als das so eben Gesagte ausgedrückt werden soll, und es erscheint wohl als eine ziemlich vergebliche Mühe, ausmachen zu wollen, ob Uranus, Atlas, Fohi, Mercurius, Belus oder Zerduscht der früheste Urheber der Sternkunde war, wie dies *Bailly* mit

grossem Aufwande von Scharfsinn und Gelehrsamkeit zu entscheiden versucht hat.

§. 240.

Man hat aus dem Alter der Thierkreise uud andrer sinnbildlichen auf Astronomie bezüglichen Darstellungen, die das egyptische Alterthum uns überliefert hat, auf eine 12 bis 16000 jährige Dauer der Sternkunde in jenem Lande schliessen wollen. Am berühmtesten ist in dieser Beziehung der Thierkreis von *Denderah*, den man mit grossen Kosten aus den inneren Wänden des alten Tempels, auf denen er sich befand, abgelöst und nach Frankreich gebracht hat. Hier erscheint nämlich der Steinbock als dasjenige Gestirn, in welchem die Sonne am höchsten steht, während es jetzt nur wenig von dem Orte, wo die Sonne ihren tiefsten Stand hat, gefunden wird. Auch durch die Benennung Steinbock deutete man auf diesen hohen Stand der Sonne, da dieses Thier die Höhen liebt. Allein zugegeben, dass man bei Benennung der Sternbilder solche Rücksichten nahm, und dass man den auf den ersten Anblick nicht sehr verständlichen Zeichen jenes *Thier*kreises die richtige Deutung giebt, woher weiss man, dass die Alten das Sternbild, in welchem die Sonne stand, und welches sie ja alsdann gar nicht sehen konnten, oder nicht vielmehr das, was zur Zeit eines gewissen Sonnenstandes am besten sichtbar war (nämlich die ganze Nacht hindurch) bezeichnet haben? Die blosse Beobachtung (und eine Theorie darf man im ersten Beginn der Beobachtnngen wohl nicht voraussetzen, am wenigsten eine richtige) giebt nur das Letztere. Untersucht man hiernach das Alter des Zodiakus von *Denderah*, so kommt er beiläufig in die Zeit *Alexander* des Macedoniers zu stehen, und er kann also für das Alter der Sternkunde nichts beweisen; denn dass sie in Aegypten und anderswo weit älter war, bezweifelt wohl Niemand.

Sicherer ist eine andre Methode das Alterthum astronomischer Arbeiten zu bestimmen, die man besonders auf die alten indischen Ueberlieferungen angewandt hat. Die zu unserm Sonnensystem gehörenden Himmelskörper haben nämlich keine durchaus constanten Umlaufszeiten, und bei einigen derselben sind die Ungleichheiten an beträchtlich grosse Perioden geknüpft. Jupiter und Saturn laufen wechselsweise schneller und langsamer, und eine um das Jahr 1560 gemachte Bestimmung der beiderseitigen Umlaufszeiten, wenn sie für jene Zeit richtig ist, wird ganz andre Resultate liefern müssen, als eine

im J. 1100 gemachte; denn 1560 war Saturn am langsamsten, Jupiter am schnellsten: 1100 war es umgekehrt. Aehnliche grosse Perioden zeigen der Mondlauf und andre leicht wahrnehmbare Cyclen; und *Laplace* hat auf diesem Wege gefunden, dass das sehr hohe Alterthum, welches die Juden fast allen ihren Werken beilegen, wenigstens ihren auf unsre Zeit gekommenen astronomischen Tafeln nicht zugestanden werden kann.

Andre Begebenheiten, deren Zeitpunkt sich rückwärts berechnen lässt, sind ebenfalls angewandt worden, das Alter der Sternkunde bei diesem oder jenem Volke zu bestimmen. Nur muss man bedauern, dass einige dieser Begebenheiten uns in einer mystischen Form überliefert worden sind. Wenn die Inder z. B. den Mars durch eine Zusammenkunft des Mondes mit Jupiter erzeugt werden lassen, so kann dies so gedeutet werden, als sei gleichzeitig Jupiter und Mars vom Monde bedeckt worden. Aber dass es dies nothwendig bedeuten müsse, folgt nicht, und wenn man daher auch gleich mit voller Sicherheit die Epochen bestimmen kann, wo solche simultane Planetenbedeckungen statt fanden, so dürfte doch der Schluss, dass diese Epochen in jenen alten Ueberlieferungen gemeint seien, einen gleich hohen Grad der Sicherheit keinesweges ansprechen.

§. 241.

Besser bewährt scheint das hohe Alter der Astronomie in China. Wenngleich die bis zu 1700 und 2100 J. v. Chr. hinauf vorhandenen chinesischen Kometenbeobachtungen manchem astronomischen sowohl als chronologischen Zweifel unterworfen sein mögen, so besitzen wir doch eine vom *P. Gaubil* uns überlieferte Nachricht, dass der Kaiser *Tschu-Kong* 1100 J. v. Chr. in Loyang (Honanfu) Hauptstadt der Provinz Honau an einem 8 Fuss hohen Gnomon die Länge des Schattens 1,54 Fuss im Sommer und 13,12 Fuss im Winter gefunden habe (diese Zahlen sind bereits wegen Halbschatten und Refraktion corrigirt). Man braucht die Grösse des chinesischen Fusses gar nicht zu kennen, um diese Beobachtung zu berechnen. Sie ergiebt

A) $\frac{8}{1,54} = \text{tg } 79^\circ\, 6'\, 20''$ Höhe der Sonne im Sommersolstitio zu Loyang 1100 v. Chr.

B) $\frac{8}{13,12} = \text{tg } 31^\circ\, 22'\, 20''$ Höhe der Sonne im Wintersolstitio zu Loyang 1100 v. Chr.

Daraus weiter

$$\frac{A-B}{2} = 23^{\circ}\,52'\,0''\text{ Schiefe der Ekliptik}$$

$$90^{\circ} - \left(\frac{A+B}{2}\right) = 34^{\circ}\,45'\,40''\text{ Polhöhe von Loyang.}$$

Da nun die hier gefundene Polhöhe sehr gut mit der jetzt ermittelten, und die herausgebrachte Schiefe der Ekliptik ebenfalls gut mit derjenigen stimmt, welche eine Rückwärtsrechnung für das Jahr 1100 v. Chr. ergiebt, so erhält dadurch jene alte Beobachtung einen hohen Grad von Glaubwürdigkeit.

Wir besitzen noch eine dritte Beobachtung dieses sternkundigen Fürsten, nämlich eine Bestimmung der Sonnenlänge zur Zeit des Wintersolstitiums. Er fand, dass sie alsdann von dem Sterne ε Aquarii $1^{\circ}\,58'$ in Länge östlich abstehe, oder dass die Länge dieses Sterns $= 268^{\circ}\,2'$ sei. Auch diese Beobachtung besteht vor der Kritik, die Rückwärtsrechnung bis zum J. 1100 v. Chr. führt auf diese Länge. — Es ist zu bemerken, dass zu *P. Gaubils* (des Mittheilers dieser Nachrichten) Zeiten die Theorie noch nicht im Stande war, Rückwärtsrechnungen der obigen Art mit Sicherheit anzustellen, was für die Aufrichtigkeit des Gewährsmanns ein gutes Zeugniss abgiebt.

Allerdings werden uns von den Chinesen noch viel ältere Beobachtungen aufgeführt, die bis zu *Fohi* 3000 J. v. Chr. hinaufreichen, allein es wird wohl nie gelingen, jene Nachrichten so ausser Zweifel zu setzen, dass sie ein sichres astronomisches Datum gewähren könnten. Wenigstens würde nur eine genauere Erforschung des indischen und chinesischen Alterthums uns Aufschluss darüber geben können.

§. 242.

Der grosse chaldäische Saros von 600 Jahren, welchem 7421 synodische Mondsumläufe (bis auf 1 Tag etwa) gleich kommen, ist gleichfalls, und nicht ohne Wahrscheinlichkeit, als ein Beweis des hohen Alters der Sternkunde angesehen worden. Die Wahrnehmung eines solchen Cyclus setzt ein mindestens zweimaliges Verlaufen desselben voraus (wenn man nämlich keine Theorie zu Hülfe nehmen will) und gleichwohl war dieser Saros den alten Chaldäern schon bekannt. Wenn also auch gleich ihre von *Ptolemäus* uns aufbewahrten Beobachtungen nicht über das 8. Jahrhundert v. Chr. hinaufreichen,

so dürfen wir doch schliessen dass die Sternkunde bei ihnen beträchtlich älter sei.

Doch alles dies betraf nichts Andres als den scheinbaren Lauf der Gestirne, und die Beobachtungen desselben hatten keinen andern Zweck als die Bestimmung von Cyclen Behufs der Zeitrechnung. Keine einzige Spur deutet darauf hin, dass man in dieser ältesten Astronomie nach irgend einer Erklärung der Phänomene gesucht oder die Natur und besondere Beschaffenheit, die Entfernung u. s. w. der Himmelsköper durch Beobachtungen zu erforschen unternommen hätte.

§. 243.

Gleichwohl haben einige Schriftsteller, und am entschiedensten *Bailly* in seiner histoire de l'astronomie ancienne, diese im hohen Alterthum unläugbar vorkommenden Kenntnisse so bewunderswürdig gefunden, dass sie ihre Erfindung denjenigen Völkern, bei denen wir sie antreffen, nicht zutrauen zu dürfen glauben. „Jene Kenntnisse, so argumentirt *Bailly*, setzen eine hohe Ausbildung der Sternkunde und also auch der Wissenschaften überhaupt voraus: gleichwohl befanden sich die historisch bekannten Völker des frühen Alterthums in einem so wenig civilisirten Stande und sie waren durch die mannichfaltigsten Erschütterungen viel zu unruhig bewegt, als dass wir glauben könnten, bei irgend einem von ihnen seien diese Kenntnisse entstanden. Es muss also ein uns gar nicht mehr bekanntes, vor allen historischen Völkern blühendes, wissenschaftlich hochgebildetes Volk gegeben haben, bei welchem die Sternkunde systematisch ausgebaut war. Dieses aus der Geschichte verschwundene Volk ist nun der Lehrer der andern roheren Völker geworden, hat ihnen die Resultate ihrer Forschung mitgetheilt, und so sind nur diese, nicht aber der Weg auf dem sie erlangt wurden, zu unsrer Kunde gekommen. Noch weit Mehreres als das, was wir bei Aegyptern, Chaldäern, Persern, Indern, Chinesen finden, mag erforscht worden sein, allein es ist durch die hereinbrechende Barbarei und durch den Untergang jenes Culturvolkes für die Menschheit verloren gegangen."

Und dieses alte Culturvolk hat man in den Atlantiern zu finden geglaubt, die, alten Sagen zufolge, den grössten Theil der Erde beherrscht haben sollen und deren Hauptsitz, die grosse Insel Atlantis, jetzt nicht mehr vorhanden, sondern von demjenigen Meere verschlungen worden sei, welches noch heut diesen Namen führt. Dieses Volk nun soll, nach *Bailly's* Mei-

nung, Fernröhre und andre astronomische Werkzeuge, Uhren u. dgl. in derselben Vollkommenheit wie wir besessen, die Grösse und Gestalt der Erde mit einer bewunderungswürdigen Genauigkeit bestimmt, die Monde Jupiter's und Saturns gekannt, die Berge und Thäler im Monde gesehen haben u. dgl. m. Schade, dass zu *Bailly's* Zeit die Asteroiden noch nicht entdeckt und die Doppelsternbahnen noch nicht berechnet waren, denn wer möchte zweifeln, dass er nicht auch diese seinen Atlantiern vindicirt hätte!

§. 244.

Prüft man mit unbefangenem Auge das, was nach sichern oder doch innerlich wahrscheinlichen Nachrichten die alten Völker gewusst haben, so findet man, wie gesagt, nur Cyclen, mehr oder minder genau bestimmt. Zur Ermittelung dieser Cyclen aber bedarf es weder einer Theorie, noch künstlicher Werkzeuge (wie wohl beide ihren Nutzen dabei unverkennbar gewähren) sondern Beharrlichkeit und Aufmerksamkeit auf die Phänomene genügen vollkommen. Den von der Meinung aller Völker für unverletzlich geachteten, in ihrem Heiligthume gesicherten, *in ihren* Beschäftigungen ungestörten und unbeobachteten Priestern konnten, ja mussten solche Wahrnehmungen gelingen, und ihr eignes Interesse trieb sie zu mächtig, sich Kenntnisse dieser Art zu erwerben, wodurch ihr Ansehen und Einfluss mehr als durch irgend etwas Andres gesichert werden konnte. Bei einigen Völkern gelangten sie sogar bis zur Berechnung der Sonnen- und Mondfinsternisse. Allein auch dies ist kein Beweis eines Eindringens in die wahren innern Verhältnisse, sondern wurde, wie alles Andre, cyclisch bestimmt, daher es denn auch zuweilen fehlschlagen musste, wenn man auch nicht überall, wie im alten China, die Strenge so weit trieb, die Astronomen hinzurichten, welche eine eintretende Finsterniss nicht voraus verkündigt hatten. — Aber nirgend treffen wir im Alterthum die Spur eines *Copernicus*, *Kepler* oder *Newton* an: nirgend einen nur einigermaassen geglückten Versuch, die hinter den Erscheinungen verborgenen Kräfte zu erforschen: nirgend eine Ahnung des Vorhandenseins derjenigen Objekte, die jeder, der ein Fernrohr gegen den Himmel richtet, erblicken muss: der Sonnenflecken, der Jupiterstrabanten, der teleskopischen Sterne, der Sichelgestalt der Venus u. dgl.; nirgend endlich Sternpositionen von grösserer Genauigkeit, als durch die einfachsten, jedem denkenden Kopfe von selbst sich darbietenden Mittel zu erreichen war.

Bailly glaubt, die Grösse der Erde müsse von einem untergegangenen Urvolke durch Gradmessungen bestimmt wor-

den sein, da die alten Griechen sie nicht mit der Genauigkeit hätten bestimmen können, wie sie ihnen bekannt war. Aber diese vermeintliche Genauigkeit ist eine Täuschung und beruht auf einem ziemlich groben logischen Zirkel. Die Grösse der Erde wird uns in Stadien angegeben, ohne dass wir erfahren, welches Stadium gemeint sei. Nun schliesst *Bailly*: das griechische Stadium kann es nicht sein, denn damit würde die Erde zu gross; das alexandrinische kann es auch nicht sein, denn auch hier würde die Angabe (400000) Stadien) nicht mit den neuern Messungen stimmen, u. s. w. folglich muss es ein Stadium x gewesen sein, welches so und so lang war, und dann stimmt es mit den neuern Messungen bis auf 6 Toisen pro Grad überein. Es ist leicht einzusehen, dass man durch eine consequente weitere Anwendung dieses Verfahrens Alles in Allem finden, und jedem Volke nach Belieben Entdeckungen und Kenntnisse vindiciren kann. Schon die runde Zahl von 400000 zeigt wohl zur Genüge, dass sie nicht von einer wirklich ausgeführten Messung herrühre, und die Wahl einer solchen, nicht minder die unbestimmt gelassene Grösse des angewandten Maasses, muss uns vielmehr überzeugen dass *Aristoteles*, von dem diese Nachricht herrührt, sich gar nicht das Ansehen geben wollte, als berichte er das Resultat einer Messung.

Wir werden demnach im Folgenden jene Hypothese, da die dafür angeführten Gründe so wenig haltbar erscheinen, auf sich beruhen lassen.

§. 245.

Die Sternbilder, wenigstens die wichtigsten und augenfälligsten unter ihnen, müssen einen sehr alten Ursprung haben. Im Buche Hiob, vielleicht dem ältesten aller auf uns gekommenen Bücher, werden schon Orion und der Wagen (grosse Bär) genannt. Ueberall, wo man Sternkunde trieb, scheint das Bedürfniss, die Sterne in Gruppen zusammenzufassen, empfunden worden zu sein: wir treffen bei den Chinesen ebenfalls auf Sternbilder, freilich sehr verschieden von den unsrigen und nicht über den ganzen Himmel sich erstreckend, doch im Allgemeinen nach demselben Prinzip angeordnet. Die des Thierkreises waren wohl die ältesten; die Eintheilung des Zodiakus in 12 Sternbilder entsprach den 12 Monden des Jahres. Bei den alten Indiern finden wir ein andres Prinzip: der Thierkreis hat bei ihnen 27 Mondshäuser, so dass der Mond an jedem Tage durchschnittlich ein solches durchlief.

Dagegen haben Chaldäer, Phönizier, Aegypter, Griechen etc. übereinstimmend 12 Thierkreisbilder, ursprünglich wohl sämmtlich von Thieren hergenommen. Seine jetzige Gestalt erhielt er erst bei den Griechen, deren Dichter auch für jedes Zeichen desselben eine Deutung haben. Der Widder ist derjenige, dessen Fell den Argonautenzug veranlasste; in den Stier verwandelte sich Jupiter, um die Tochter Agenors zu entführen; die Zwillinge sind Castor und Pollux (wofür früher Apollo und Hercules) die beiden Söhne Jupiters, deren brüderliche Liebe sie würdig machte, an den Himmel versetzt zu werden, der Krebs bezeichnet das Rückwärtsgehen der Sonne von ihrem höchsten Punkte aus (früher finden wir an der Stelle des Krebses einen Käfer); hierauf folgt der Nemeische Löwe, den Herkules erlegte, und den Juno unter die Sterne versetzte. Die Jungfrau hat zu sehr verschiedenen Deutungen Anlass gegeben. Sie ist z. B. Ceres, die Göttin der Ernten; Isis, die alte Königin und Göttin der Aegypter; Asträa, die Göttin der Gerechtigkeit, endlich Erigone, Tochter des Icarus. Auf den aegyptischen Darstellungen erscheint sie als Schnittermädchen. Die Waage ist Mochos, der Erfinder des Gewichts und des Wägens, der auf den alten Globen noch persönlich erscheint und die Waage hält. Den Scorpion hatte Diana beauftragt, dem berühmten Jäger Orion, der ihren Zorn erregt hatte, eine tödtliche Wunde beizubringen, und ihn dafür unter die Sterne versetzt. Der Schütz ist der Centaur Chiron, Erfinder des Reitens; auch erscheint er auf den Sternkarten noch heut als Centaur, führt aber diesen Namen deshalb nicht, weil noch ein andrer, eigentlich so genannter, am südlichen Himmel vorkommt. Der Steinbock, eigentlich die Ziege Amalthea, hatte den Nymphen die Milch zur Ernährung des Kindes Jupiter geliefert, und sich so einen Platz am Himmel erworben. Der Wassermann ist Deucalion, der thessalische Noah; und die Fische sind Venus und Cupido, welche überrascht und erschreckt durch den Riesen Typhon, sich in Fische verwandelten und in den Euphrat stürzten. Doch sind diese Beziehungen wohl beträchtlich jünger als die Sternbilder selbst. — Uebrigens war nicht der gesammte Himmel in Sternbilder vertheilt. Beträchtliche Räume, in denen gerade keine, besonders helle Sterne sich fanden, blieben unbenannt und unbeachtet, und die südlichsten, in den Küstengegenden des Mittelmeeres unsichtbaren Regionen des Himmels gehörten gar nicht zur Sternkunde der Alten.

§. 246.

Die Griechen in der Zeit ihrer Blüthe waren keine sonderlichen Beförderer der Sternkunde. Viele ihrer Philosophen, selbst Sokrates, verachteten sie oder verzweifelten daran. Andre waren fruchtbar — an Meinungen über die Ursachen der Lichtwechsel des Mondes, der Finsternisse u. dgl.; Meinungen, die wir jetzt, mit wenigen rühmlichen Ausnahmen, belachen müssen. Denn wenn wir finden, die Fixsterne seien die Köpfe der in das Firmament eingeschlagenen goldnen Nägel; die Sonne entsende ihr Licht durch eine Oeffnung am Himmel, und das Verstopfen dieser Oeffnung bewirke die Sonnenfinsternisse (*Anaximander*); der Mond sei ein Stück der Sonne (*Empedocles*);er habe eine leichte und eine himmelblaue Hälfte, und seine Finsternisse entständen wenn er letztere der Erde zuwende; er sei eine Scapha und durch deren Wendungen entständen die Mondsphasen (*Heraclitus*) er nähre sich von Dünsten und scheine deshalb nicht so hell als die Sonne, weil er sich in dickerer Luft bewege (eben derselbe): so muss man gestehen, dass Vorstellungen dieser Art nicht geeignet sind, die Achtung zu vermehren, die uns durch anderweitige Leistungen der Griechen abgenöthigt wird.

Eben so unglücklich waren sie in den Meinungen (denn an Messungen ist nicht zu denken) über die Entfernung der Himmelskörper. Nur Wenige scheinen sich von der Vorstellung, dass die Himmelskörper, namentlich aber Sonne und Mond, sich innerhalb unsrer Atmosphäre befänden, frei gemacht zu haben. Dass die Sonne weiter als der Mond entfernt sei, schlossen sie aus dem längeren Kreislaufe der erstern. Doch setzten sie nur eine 2, oder 3, oder höchstens 12 mal grössere Entfernung für die Sonne. (In Aegypten hatten Nacapsos und Petosiris versucht die Entfernungen dieser Weltkörper zu bestimmen: ihre Methode kennen wir nicht, aber das Resultat 49 Meilen für den Mond, 74 für die Sonne, erweckt auch kein grosses Verlangen, sie kennen zu lernen). *Oenopides* spricht von einem gegen den Mond und die Erde anprallenden Wind, er muss sich also erstern sehr nahe gedacht haben. Damit kontrastiren nun freilich Andre, die den Mond 15, oder 19, oder selbst 100 mal grösser als die Erde machen, gar sehr; indess haben diese Widersprüche wenig zu bedeuten, wo blosse Speculation an die Stelle der Beobachtung trat. Vor der alexandrinischen Schule ist an eine wissenschaftliche Bearbeitung der Astronomie nie und nirgend

zu denken. Wohl gab es unter den griechischen Philosophen Manche, welchen der höchst mangelhafte Zustand der Astronomie nicht entging, und ein *Plato*, obgleich er selbst sie nicht bearbeitete, sah dennoch ein, was ihr fehle, wenn sie Wissenschaft werden solle; aber es währte lange bis man mit Ernst daran ging, diesem Bedürfniss abzuhelfen.

§. 247.

Die Philosophenschule zu Alexandrien ist es, welche zuerst einen wahren Grund legte, auf dem künftige Zeiten weiter fortbauen konnten. Hier wurden mit grosser Sorgfalt und bedeutenden Kosten zweckmässige Instrumente aufgestellt und zur Beobachtung der Gestirne angewandt; hier sehen wir zuerst eine gründliche Mathematik der Astronomie die Hand reichen und ihre Probleme lösen.

Ptolemäus Philadelphus, König von Aegypten 300 J. v. Chr. stiftete in Alexandrien das Museum, ein grosses, prachtvolles, aus Sälen und Gallerien bestehendes Gebäude, brachte mit den grössten Anstrengungen und Kosten eine bedeutende Bibliothek — wohl die erste, welche diesen Namen verdient — zusammen und lud alle Gelehrte ein, nach Aegypten zu kommen und von ihm kräftigen Schutz und reichlichen Unterhalt zu empfangen. Diese Zufluchtsstätte aller Wissenschaft und Künste bestand fast ein Jahrtausend, bis sie von den Arabern unter *Omar* zerstört wurde — von demselben Volke, welches nur ein Jahrhundert später die Wissenschaften mit einem Eifer pflegte, wie er selbst in den schönsten Tagen Alexandriens nicht übertroffen worden war.

Aristillus und *Timocharis* sind die ersten Astronomen der alexandrinischen Schule. Sie fingen mit Bestimmung der Fixsternörter an, bei denen man bisher nur das Sternbild angegeben hatte, in dem sie standen. Die genannten Astronomen aber gaben zuerst Rectascensionen und Declinationen mit einer Genauigkeit, die wenigstens hinreichend war um schon 150 Jahr später die Vorrückung der Nachtgleichen zu finden. Die ägyptischen Priester, denen man lange Zeit die sublimsten Kenntnisse in allen Wissenschaften zuzuschreiben geneigt war, hatten entweder diese Vorrückung nicht gekannt oder das, was sie etwa davon wussten, aus Hass gegen die Fremdlinge (fast sämmtliche alexandrinische Gelehrte waren Griechen) nicht mitgetheilt. Uns gilt Beides ziemlich gleich: die wahre Wissenschaft umhüllt sich nicht mit Geheimnissen und ist über die gemeinen Leidenschaften der Menschen erhaben. Für uns ist

der erste Erforscher einer Wahrheit der, der sie zuerst ans Licht der Welt treten lässt.

Hier möge auch des einfach commentirten Gedichts des *Aratus* (keines Alexandriners) um 276 v. Chr. gedacht werden, der die Sternbilder poetisch darstellt, und von ihnen zu den Jahrszeiten, Wetterverkündigungen u. dgl. übergeht.

Aristarch von Samos (264 v. Chr.) that einen beträchtlichen Schritt weiter als seine Vorgänger. Er versuchte auf eine scharfsinnige (und theoretisch ganz richtige) Weise das Verhältniss der Mond- und Sonnenentfernung zu bestimmen. Sie ist in der Kürze folgende:

Man denke sich ein Dreieck Erde, Sonne, Mond, so wird, wenn zwei Winkel dieses Dreiecks bekannt sind, das Verhältniss der Seiten gegeben sein, auch ohne eine der Seiten selbst zu kennen. Der Winkel an der Erde kann, durch direkte Messung des Bogens, um welchen Mond und Sonne am Himmel von einander abstehen, gefunden werden, zu den beiden andern Punkten können wir nicht gelangen. Aber wenn wir den Moment wahrnehmen, in welchem der Mond gerade halb erleuchtet erscheint, und wo also der Winkel am Monde ein rechter sein muss, und in diesem Moment den Elongationswinkel des Mondes und der Sonne messen, so erhalten wir zwei Winkel, und können das Problem lösen. *Aristarch* fand, dass der Winkel an der Erde nicht kleiner als 87^0 sei, wenn der am Monde ein rechter ist; da nun $\cos 87^0 : r$ wie $0{,}052 : 1$ oder nahe $1 : 19$, so schloss *Aristarch*, dass die Sonne mindestens 19 mal weiter als der Mond von uns entfernt sei.

Auch noch heut ist gegen diese Methode nichts einzuwenden, als dass der Moment, wo der Mond gerade halb erleuchtet ist, nicht mit Genauigkeit bestimmt werden kann; damals war sie das Einzige was man thun konnte.

Für die Entfernung des Mondes fand er 56 Erdhalbmesser, die Grösse des Monddurchmessers setzte er $\frac{1}{3}$ des Erddurchmessers. Den scheinbaren Durchmesser der Sonne fand er $= \frac{1}{720}$ des grössten Kreises; *Archimedes*, sein Zeitgenosse, fand durch die Entfernung eines die Sonne gerade deckenden Cylinders vom Auge, dass der Sonnendurchmesser zwischen $\frac{1}{164}$ und $\frac{1}{200}$ des rechten Winkels falle, also zwischen $27'$ und $32' 33''$; *Aristarch's* Bestimmung ist $30'$. Hieraus schloss er weiter, der wahre Durchmesser der Sonne sei 6 — 7 mal grösser als der der Erde. Die innere Uebereinstimmung dieser verschiedenen Daten zeigt, dass man jetzt eine rationelle

Geometrie auf die Phänomene des Universums anzuwenden begann; sie zeigt ferner, dass jene absurden Meinungen der früheren Jahrhunderte damals keinen Einfluss mehr hatten und der verdienten Vergessenheit übergeben waren. — Was aber das Genie dieses grossen Mannes in das hellste Licht setzt, ist der Umstand, dass er das richtige Weltsystem wenigstens ahnte, dass er die Erde in einem schiefen Kreise sich um die Sonne und zugleich um ihre Axe sich bewegen liess. Aber nicht blos seinen *Galiläi* sollte das Alterthum haben, sondern auf seinen Inquisitor. *Kleanthes* klagte den *Aristarch* der Gotteslästerung an, weil er die Ruhe der Vesta (Erde) und der Laren gestört habe. Zu allen Zeiten und bei allen Völkern wussten sich die Verfolger der Wahrheit und des Lichts das Ansehen zu geben, als stritten sie für die Ehre der Gottheit.

Was die Sphäre der Fixsterne betraf, so urtheilte *Aristarch*, dass sie sich zu der der Sonne verhalte, wie die Peripherie eines Kreises zum Mittelpunkt, womit er nichts Anderes sagen wollte, als dass ihre Entfernung, mit der Sonne verglichen, in Bezug auf unsre Wahrnehmung unendlich gross sei.

Auch von dem Vater der Geometrie, *Euclides*, besitzen wir ein Buch: Phänomene, worin von der geraden und schiefen Aufsteigung, dem primum mobile, der Lage der Ekliptik für die verschiednen Parallelen des Erdkreises u. s. w. gehandelt wird, die ersten und einfachsten Grundlinien einer sphärischen Astronomie.

Eratosthenes (276 — 196 v. Chr.) Vorsteher der alexandrinischen Bibliothek. Auf seine Veranstaltung liess *Ptolemäus Evergetes* die grossen Armillarsphären verfertigen, mit denen er seine Beobachtungen unternahm. Er fand die Schiefe der Ekliptik zwischen 23° 50′ und 23° 52½′ (nur um etwa 4 Minuten zu gross); er versuchte die Erde zu messen, indem er den Bogen zwischen Syene und Alexandrien am Himmel (durch Beobachtung der Schatten) und auf der Erde bestimmte. Er versuchte auch die Sterne zu zählen (zu bestimmen?) und soll 675 gefunden haben.

Apollonius (um 235 v. Chr.) versuchte es, die Ursachen des Stillstehens und Rückwärtsgehens der Planeten zu erklären, und erfand zu diesem Zwecke die Epicyclen. War hier auch nicht das Rechte getroffen, so war doch der Weg gebahnt, und die Erscheinung als solche in feste Regeln gebracht.

Um eben diese Zeit ward auch ein neues Sternbild ein-

geführt. *Conon* ist es, der sich den wohlfeilen Ruhm erwarb, das Hauptbaar der Berenice an den Himmel zu versetzen. Sie hatte es der Venus gelobt, wenn ihr Gemahl (*Ptolemäus Soter*) siegreich aus dem syrischen Kriege zurückkehre, und die Erfüllung dieses Gelübdes erhob Schmeichelei bis in den Himmel.

§. 248.

Wir gelangen nun zu dem grössten Astronomen des Alterthums, *Hipparch* von Nicäa. Sein scharfer Verstand zeigte ihm bald die geringe Glaubwürdigkeit und das Schwankende der alten Bestimmungen, und im Besitz der vortrefflichen Instrumente des Museums unternahm er es, alle Daten durch neue, von ihm selbst anzustellende Beobachtungen zu ermitteln und von den alten nur diejenigen anzunehmen, welche hinreichend dokumentirt waren. Er verliess die alten Methoden gänzlich, da er fand, dass der Auf- und Untergang der Gestirne, die Zeit, wo ein Planet recht- oder rückläufig wird, wo er zu erscheinen anfängt und aufhört u. dgl. nicht genau genug durch Beobachtungen bestimmt werden können. Er untersuchte die von *Eratosthenes* angegebene Schiefe der Ekliptik, bestimmte die Breite seines Beobachtungsortes (30° 58′) und die Länge des Jahres, wofür er durch Vergleichung mit einer Beobachtung *Aristarchs* 365 T. 5 St. 55′ 12″ fand. Indess konnte er nur alte Solstitialbeobachtungen finden, und einem *Hipparch* konnte es nicht entgehen, dass die Beobachtung der Solstitien keine Genauigkeit der Zeitbestimmung gewährte. Er beobachtete deshalb die Aequinoctien, um wenigstens seinen Nachfolgern eine richtigere Bestimmung des Jahres möglich zu machen. Er fand ferner die Ungleichheit der beiden Jahreshälften, die durch die Aequinoctien entstehen, woraus er auf eine Excentricität der Sonnenbahn schloss; und er gab Tabellen über den Sonnenlauf, deren zweckmässige Einrichtung noch heut als Muster gilt. Den Tag liess er vom Mittag anfangen, um die Ungleichheit, welche von den Jahrszeiten abhängt, zu vermeiden; dass gleichwohl noch eine Ungleichheit (die Zeitgleichung) übrig blieb, und worin sie ihren Grund habe, entging ihm nicht, wiewohl er sie zu gross angab.

Er untersuchte ferner den Mondslauf, die Neigung seiner Bahn, die Veränderlichkeit seiner Knoten und andre Elemente. Die Bemerkung, dass Sonnenfinsternisse nicht an allen Orten gleich gross erschienen, führte ihn auf die Mondparallaxe, und er unternahm es zuerst, diese einer Rechnung zu unterwerfen

und die beobachteten Oerter auf geocentrische zu reduciren. Er bestimmte die Entfernung des Mondes, die er veränderlich (zwischen 62 und 72 ⅓ Erdhalbmessern) fand, etwa um ⅑ zu gross. Was seine Beobachtungen der Planeten betrifft, so begnügte er sich, Thatsachen zu sammeln, da man noch nicht Data genug hatte, um eine Theorie ihres Laufs zu versuchen; indess zeigte er, dass die Vorstellung einer gleichförmigen Bewegung der Planeten in ihrer Bahn aufgegeben werden müsse.

Sein Hauptwerk aber ist eine Bestimmung der Fixsternörter. Nach des *Plinius* Erzählung erschien zur Zeit *Hipparchs* ein neuer Stern, und hiervon soll er Veranlassung genommen haben, sein Sternverzeichniss anzufertigen, um allen Zeiten die Mittel zu verschaffen, über neu erscheinende oder wieder verschwindende Sterne zur Gewissheit zu gelangen. Dabei bemerkte er den Unterschied zwischen seinen eignen Beobachtungen nnd denen des *Timocharis* vor 150 Jahren; und schloss hieraus, dass entweder die Sterne in der Ekliptik um 2 Grad fortgerückt, oder die Punkte der Nachtgleichen am Himmel um eben so viel zurückgewichen seien.

Zur Bestimmung der Längen auf der Erde schlug er die Beobachtung der Mondfinsternisse vor; eine Methode, die zwar bei der damaligen Unvollkommenheit der Zeitbestimmungen nicht genau sein konnte, aber gleichwohl völlig richtig und damals die einzig mögliche war, wenn man sich nicht ganz auf die sehr ungenauen Angaben der Reisenden veranlassen wollte.

§. 249.

Eine geraume Zeit verstrich, bevor ein neuer Fortschritt in der Wissenschaft gemacht wurde, denn die unbedeutenden Arbeiten eines *Geminus*, *Theodosius*, *Alexander* von Ephesus können nicht als ein solcher betrachtet werden. Dagegen müssen wir des *Posidonius* gedenken, von dessen Beobachtungen wir zwar wenig wissen, der aber durch manche glückliche Conjectur sich weit über seine Zeitgenossen erhob. Dass die Himmelskörper, namentlich Sonne und Mond, am Horizont grösser erscheinen, schrieb er den Dünsten zu, in denen die Strahlen von der geraden Linie abgelenkt würden. In dieser Erklärung ist Richtiges und Falsches auf ganz eigenthümliche Weise mit einander verbunden; die direkte Wirkung der Dünste ist die stärkere Refraktion, und diese verkleinert die vertikalen Halbmesser; wohl aber sind die Dünste der Luft mit Veranlassung, dass wir die Körper (da wir sie in Gedanken entfernter setzen) grösser zu sehen glauben. Einem *Hipparch*

und *Aristarch* würde es nicht eingefallen sein, diese Erklärung zu geben. Glücklicher ist *Posidonius* in Bestimmung der Höhe des Luftkreises (400 Stadien) des Mondes (2 Millionen St.) und der Sonne (500 Mill. St.). Diese Zahlen entsprechen etwa 9, 45000, 11250000 Meilen; die letztere freilich fast um die Hälfte zu klein, doch aber richtiger, als man sie selbst noch zu *Newtons* Zeiten angab. Mag nun auch das Glück hierbei das Beste gethan haben, so lässt sich doch nicht verkennen, welch' einen Fortschritt die Wissenschaften gemacht hatten, da wenige Jahrhunderte vorher die Sonne und sämmtliche Gestirne noch als dem Luftkreise angehörig, als ein blosses Beiwerk der Erde betrachtet worden waren. *Posidonius* lebte in Rom, wo damals die Wissenschaften sich zu verbreiten anfingen.

Cleomedes, der bald nach ihm lebte, erkannte zuerst die Refraktion. Man hatte bemerkt, dass bei einer Mondfinsterniss gleichzeitig die untergehende Sonne und an der andern Seite des Himmels der verfinsterte Mond erschienen war. *Cleomedes* läugnete anfangs die Möglichkeit geradezu, als er sich aber von der Richtigkeit der Thatsache überzeugte, suchte er nach einer Erklärung und traf den wahren Grund, wiewohl er ihn in der Sprache seiner Zeit ausdrückte. Damals nämlich war die Meinung allgemein, dass der Lichtstrahl vom Auge aus- und zu den Objekten hingehe. In diesem Sinn nun sagte *Cleomedes*: der Strahl, der vom Auge parallel mit der Erdfläche ausgeht, trifft auf eine dicke Luft, wird von seinem Wege abgelenkt und verfolgt so die schon unter dem Horizont befindliche Sonne.

Schon zeigten sich die wohlthätigen Einwirkungen der gewonnenen Kenntnisse auf das Allgemeine. *Sulpicius Gallus* sagte dem Römischen Heere eine Mondfinsterniss vorher, die sich ereignete als *Paulus Aemilius* dem *Perseus* gegenüberstand. Das unvermuthete Eintreffen einer Finsterniss hätte damals den ungeheuersten Schrecken verbreitet und allgemeine Muthlosigkeit des Heeres zur Folge gehabt. Jetzt war es anders: der auf die Mondfinsterniss folgende Tag war der der Schlacht von Pydna, einer der glänzendsten Siege des alten Roms.

Der Kalenderverbesserung, gleichfalls eine Frucht der Astronomie, ist bereits oben gedacht worden. In Rom ward jetzt Manches über Sternkunde in Prosa und Versen geschrieben, aber die Ufer der Tiber waren damals noch nicht bestimmt,

die Naturwissenschaften durch Fortschritte zu bereichern: es ist nur der schwache Wiederschein des Lichtes, das von Alexandrien ausging. Auch war die Wissenschaft durch astrologische Träumereien entstellt und verunstaltet, und diese letzteren nahmen dergestalt überhand, dass Gesetze gegen sie erlassen und sie aus Rom vertrieben werden mussten, wahrscheinlich mit sehr schlechtem Erfolge.

§. 250.

Fast drei Jahrhunderte verflossen zwischen *Hipparch* und dem Sammler und Bearbeiter der gesammten Astronomie der Alten, *Claudius Ptolemäus*, der unter *Hadrian* und *Antonin* lebte. Leider ist uns nur sein Almagest erhalten, allerdings das Hauptwerk, das fast anderthalb Jahrtausende hindurch die einzige Quelle blieb, aus welcher die Welt ihre astronomischen Kenntnisse schöpfte. Da er selten des *Hipparch* erwähnt, so galt er auch lange für den Vater der Astronomie, als aber eine gründliche Kritik die wahren Urheber der meisten, in seinem Werke aufgeführten Beobachtungen entdeckt hatte, schlug die Bewunderung in ihr Gegentheil um, und man hielt *ihn* für wenig mehr als einen betrügerischen Plagiarius. Die Wahrheit liegt wohl in der Mitte. Zu *Ptolemäus* Zeiten existirten noch die Schriften *Hipparch's* und andrer alten Astronomen, und er hatte nicht nöthig, bei jeder einzelnen Thatsache den Beobachter zu nennen; wenigstens konnte er vernünftigerweise nicht darauf rechnen, durch sein Stillschweigen jene um ihren Ruhm zu betrügen. Mit Recht verfahren wir jetzt anders: eine richtigere Einsicht in das, was die Wissenschaft fordert, erlaubt die Weglassung des Namens eines Beobachters nicht mehr: allein *Ptolemäus* kann um so weniger unter Anklage gestellt werden, als wir nicht wissen können, was seine übrigen Schriften enthalten haben.

Auch ist die Zahl derjenigen Arbeiten, als deren Urheber er unbestritten erscheint, nichts weniger als unbedeutend zu nennen, und er verdient unter den alten Astronomen mindestens die zweite Stelle; als Systematiker betrachtet die erste.

Der Mondstheorie erwähnen wir zuerst. *Hipparch* hatte schon eine Ungleichheit derselben gefunden, die unsrer Anomalie entspricht; *Ptolemäus*, indem er die Beobachtung der Quadraturen mit in seinen Plan aufnahm, fand eine zweite, die Evection. Die erste setzte er im Maximo auf 5° 1′, die zweite auf 2° 39′. Die Summe beider 7° 40′ stimmt fast genau mit den Beobachtungen der Neuern überein; in den ein-

zelnen Quantitäten ist der Unterschied freilich stärker, was hauptsächlich daher rührt, dass man die mancherlei andern Ungleichheiten des Laufs noch nicht kannte und den Mond nicht auch ausser den Quadraturen und Syzygien beobachtete. Sonst hätte ihm namentlich die Variation, die bis zu *Tycho* unbekannt blieb, nicht entgehen können. — Zur Untersuchung der Mondparallaxe, die *Hipparch* zwar erkannt und in Rechnung gebracht, allein noch nicht genau erforscht hatte, erfand er ein neues Beobachtungsinstrument, das Triquetrum; dem Prinzip nach unsern Kreissektoren ähnlich, nur dass an die Stelle des Bogens eine gerade in 60 Theile getheilte Linie gesetzt war. Hierdurch ward er in den Stand gesetzt Scheitelabstände direkt zu messen, während die Armillarsphären nur Rectascensionen und Declinationen gaben. Die von ihm gefundene Parallaxe war etwas zu gross, so wie die *Hipparchs* zu klein gewesen war, jedenfalls aber war es ein Fortschritt in der Methode, und man hätte durch Fortsetzung seiner Beobachtungen leicht der Wahrheit näher kommen können.

Die Sonnenparallaxe suchte er auf eine ihm eigenthümliche und sehr sinnreiche Weise, auf welcher sie auch allerdings gefunden werden könnte, wäre sie eben so viele Minuten gross gewesen als sie Sekunden enthält. Wäre nämlich die Sonne der Erde an Grösse gleich, so wäre der Schatten der letztern ein Cylinder, und die Durchschnitte dieses Schattens überall Kreise vom Umfange des Erdäquators. Wäre die Erde in Vergleichung zur Sonne ein Punkt, diese letztere also gleichsam unendlich weit entfernt, so wäre der Erdschatten ein Kegel, an dessen Spitze die beiden äussersten Strahlen einen dem scheinbaren Sonnendurchmesser gleichen Winkel einschlössen; sämmtliche Durchschnitte dieses Kegels wären also Kreise von kleinerem Durchmesser als der Erdäquator. Es lässt sich nun, die scheinbare Grösse der Sonne und die Entfernung des Mondes als bekannt vorausgesetzt, die Grösse desjenigen Schattendurchschnitts berechnen, der bei einer Mondfinsterniss in Betracht kommt, und mit diesem der beobachtete vergleichen. Die Abweichung des letztern vom erstern wird desto grösser sein, je geringer die Entfernung der Sonne und je grösser folglich ihre Parallaxe ist, mithin kann diese durch den beobachteten Erdschatten gefunden werden.

Er fand für die Sonnenparallaxe 2′ 5″, allerdings 20 mal zu viel, allein es war auf diesem Wege auch nicht leicht mehr zu erreichen, da der Schatten der Erde auf dem Monde sehr

unbestimmt begrenzt erscheint und überdies nur ein verhältnissmässig kleines Segment desselben gleichzeitig gesehen werden kann.

§. 251.

Seine Methode, Mond- und Sonnenfinsternisse im Voraus zu berechnen, unterscheidet sich im Wesentlichen nicht von der unsrigen. Sie ist wissenschaftlich richtig und keinesweges auf einen blossen einfachen Cyclus gegründet, wie bei den frühern unvollkommenen Versuchen. Wie viel davon ihm selbst; und wie viel *Hipparch* angehört, ist nicht mit Sicherheit zu bestimmen, aber es verdient Erwähnung, dass sein Scharfsinn ihn dabei auf zwei Correktionen führte, die, wie er selbst bemerkt, für seine Instrumente viel zu fein waren, und die er daher nur auf theoretischem Wege finden konnte. Die beiden Kreise, Mondbahn und Ekliptik, sind um 5° gegen einander geneigt und die in der erstern gezählten Längen deshalb nicht genau mit denen in letzterer übereinstimmend, wenn man beide durch Breitenkreise verbindet. Nun befindet sich aber der Mittelpunkt des Erdschattens stets in der Ekliptik, *die Länge* des Mondes, in seiner Bahn gezählt, muss demnach auf letztere reducirt werden wenn man genau verfahren will. Zweitens ist wegen der ungleichen Bewegung des Mondes der Moment, wo das Centrum des Erdschattens und das des Mondes am nächsten stehen, nicht nothwendig der Zeit nach die Mitte der Finsterniss. Der erste dieser beiden Unterschiede geht bei Finsternissen höchstens auf 2 Minuten Zeit; der letztere ist noch viel geringer; gleichwohl liess sich *Ptolemäus* dadurch nicht abhalten, sie anzubringen.

Bei Beantwortung einer verwandten Frage, die *Ptolemäus* sich selbst aufwirft, war er nicht so glücklich. Mercur und Venus sind nämlich, wie schon die Alten anerkannt hatten, näher an der Sonne als die Erde, weshalb bewirken sie nicht auch zuweilen Sonnenfinsternisse? Er glaubt, die gerade *Linie* von der Sonne zu Mercur und Venus treffe verlängert nie auf die Erde, und deshalb bleiben (wie in den meisten Neumonden) die Finsternisse aus. Der Irrthum ist, wie man leicht einsieht, für jene Zeit verzeihlich.

§. 252.

Dies führt uns auf das System des *Ptolemäus*, von welchem bereits in den vorigen Abschnitten die Rede gewesen ist. Nach seiner Erzählung hatte *Hipparch*, da durch ihn die Astronomie so grosse Fortschritte gemacht hatte, nicht ge-

wagt ein System der Planetenbewegungen aufzustellen, um seinen Ruhm nicht zu gefährden. Allerdings mochte *Hipparch*, der vorsichtige, ruhig forschende Beobachter, mit vollem Rechte der Meinung sein, ein System der Bewegungen sei noch nicht an der Zeit, und es bedürfe erst einer weit längeren Reihe von Thatsachen, ehe man ein solches versuchen könne. Die Meinungen *Aristarchs* und der alten Pythagoräer waren ihm gewiss nicht unbekannt, allein er fühlte, dass sie damals noch nichts mehr als Meinungen sein konnten und er überliess die Entscheidung der Zukunft.

Ptolemäus, mit einer lebhaftern Einbildungskraft als *Hipparch* ausgerüstet, setzte sich über jene Bedenklichkeit hinweg, und suchte durch Vereinigung des excentrischen Kreises mit dem Epicykel den Lauf der Planeten zu erklären. Die Fehler und Verwickelungen seines Systems scheint er selbst nicht ganz verkannt zu haben, und dem Einwurfe seiner Zeitgenossen, sein System sei nicht einfach genug, setzte er entgegen: „warum soll Alles aufs einfachste eingerichtet sein? sind es etwa die irdischen Dinge? Man muss freilich versuchen, mit einfachen Erklärungen auszureichen, wo es aber nicht angeht, da muss man andre mögliche Voraussetzungen machen.“ In dieser Aeusserung liegt eine indirekte Aufforderung an seine Nachfolger, weiter zu forschen und zu versuchen, ob diese Klippe nicht zu vermeiden sei — leider sollte er anderthalb Jahrtausende ohne einen seiner würdigen Nachfolger bleiben.

Er bestätigte *Hipparchs* Entdeckung der Präcession, so wie die vom *Cleomedes* gefundene Refraktion, und untersuchte beide genauer. Die scheinbare Vergrösserung der Gestirne am Horizont erklärte er ganz richtig als eine Täuschung des Urtheils.

Die vielfachen andern Arbeiten des *Ptolemäus* gehören nicht in den Plan dieses Werkes, es sei daher hier blos erwähnt, dass er über Optik, Musik, Chronologie, Gnomonik und hauptsächlich Geographie schrieb. Er starb im 78. Jahre seines thatenreichen Lebens. Ehre sei seinem Andenken!

§. 253.

Mit *Ptolemäus* schliesst die erste Hälfte der Dauer des alexandrinischen Gelehrtenvereins; die zweite, nur noch ein Schattenbild des früheren hohen Ruhmes, können wir fast mit Stillschweigen übergehen. Einige dürftige Beobachtungen *Theons*, das Planisphärium des Bischofs *Synesius*, und die astronomischen

Tabellen der *Hypatia*, der Tochter *Theons*, einer Dame von ausgezeichneten Kenntnissen, verdienen einiger Erwähnung. Seit der allgemeinen Einführung des Christenthums treffen wir auf einige chronologische Arbeiten behufs genauerer Feststellung des Kirchenjahrs und der Kirchenfeste.

Der gänzliche Untergang der alexandrinischen Schule durch den rohen Barbaren *Omar* würde ein wenig zu beachtendes Ereigniss sein, da sie sich längst überlebt hatte, wenn nicht gleichzeitig die treffliche und für die alte Welt einzige Büchersammlung, welche sie besass, der Vernichtung gewidmet worden wäre. Man hat in neuern Zeiten Zweifel gegen die Erzählung, dass *Omar* die öffentlichen Bäder damit habe heizen lassen, erhoben; genug, dass sie um diese Zeit auf irgend eine Art zu Grunde ging, und dass nur wenige Trümmer sich bis auf unsre Zeiten herübergerettet haben.

§. 254.

Ein Jahrhundert nach jener beklagenswerthen Katastrophe sehen wir auf dem Khalifenthrone eine Reihe von Fürsten beginnen, die sich eifrig bestreben, das Unrecht, welches blinder Fanatismus begangen, so viel an ihnen lag, zu vergüten. Leider währte diese schöne Blüthe nur kurze Zeit, und die Araber haben zwar — was ihnen nicht genug gedankt werden kann — erhalten, was das Alterthum geschaffen hatte, sonst aber nur wenig hinzugefügt, denn mit dem schon im 11. Jahrhundert eintretenden Verfalle des Khalifats verloren die Wissenschaften auch den ihnen gewährten Zufluchtsort in Bagdad.

Almamon, der dritte in der Reihe der Khalifen die in der Geschichte der Cultur eine Stelle verdienen, versuchte die Schiefe der Ekliptik zu bestimmen und mass in den Ebenen von Sennaar einen Grad des Meridians. Leider wissen wir nicht genau, wie lang die arabischen Meilen waren, deren nach der Messung der Mathematiker *Almamons* 56 auf einen Grad gehen. Sie enthält 4000 Ellen à 24 Zoll à 6 Gerstenkörner, allein wie gross ist ein Gerstenkorn?

Wie überall in ihrer Kindheit, war auch hier Sterndeuterei mit Sternkunde vermischt, und erstere stand in höherem Ansehen als letztere. Auch Rückschritte finden wir nicht wenige. So brachte *Thebit* Verwirrung in die einfache Lehre *Hipparchs* und *Ptolemäus* von der Präcession, indem er zu finden glaubte, dass die Aequinoctialpunkte bald vor, bald rückwärts gingen. und zwar in Perioden von mehreren Jahrhunderten. *Messala* glaubte die Fixsterne erhielten ihr Licht von der Sonne, und

bewies dadurch dass die Sonne grösser als die Erde sein müsse, denn (sagt *Messala*) wäre dies nicht, so würde der Schatten der Erde sich ins Unendliche erstrecken und in jeder Nacht ein Theil der Sterne verfinstert werden.

Albategnius (*Al-Baten*) um 860 ist der grösste arabische Astronom. Er verbesserte *Hipparchs* Sonnentafeln, fand das Vorrücken des Perihels der Erde, berichtigte die Präcessions-Constante. Auch äusserte er zuerst die Vermuthung, dass die Perigäen der Planeten ebenfalls in Länge vorrückten, was die Beobachtungen damals noch nicht erkennen konnten.

Ibn Junis bestimmte im J. 1000 die Schiefe der Ekliptik zu 23° 34′ 26″, wahrscheinlich um etwas über eine Minute zu klein, eben so wie *Pytheas* 350 v. Chr. sie etwas zu gross (23° 49′ 20″) gefunden hatte.

Dies ist im Wesentlichen Alles, was die kurze Blüthe der Astronomie unter dem reinen Himmel Arabiens hervorgebracht hat. Als eine Nachwirkung mögen wir die Arbeiten betrachten, welche im 11. und 12. Jahrhundert von den Arabern in Spanien ausgeführt worden sind.

Arzachel versuchte durch 402 Beobachtungen die Bewegung des Perihels der Sonne zu bestimmen, war aber darin weniger glücklich als *Albategnius*. — *Alhazen* vervollkommte die Theorie der Refraktion, wiewohl er irriger Weise die Luft als sich ins Unendliche forterstreckend annahm. — *Averroes* scheint eine Ahnung des copernicanischen Systems gehabt zu haben; er tadelt das *Ptolemäi*sche, will zum einfachen excentrischen Kreise zurückkehren, kann aber seines hohen Alters wegen die Sache selbst nicht durchführen und empfiehlt sie seinen Nachfolgern, unter denen *Alpetragius* sich an der Aufgabe versuchte, aber nicht sonderlich glücklich war. Venus und Mercur hielt er für selbstleuchtend, und auch noch andre seiner Meinungen zeigen uns mehr Rück- als Fortschritt. Dagegen erhob die Astrologie nur um so kühner ihr Haupt und so verloren sich die spärlichen Strahlen, welche in Spanien geleuchtet hatten, nur zu bald in ein trostloses Dunkel.

§. 255.

Noch nach einer andern Seite hin hatte sich von Bagdad aus die Liebe zu den Wissenschaften und namentlich zur Sternkunde verbreitet und Wurzel gefasst. Perser und Tataren pflegten sie, seit *Malek Shah* (mit dem Zunamen *Dschelal-Eddin*), mehrere Gelehrte versammelte, um die Länge und Epoche des Sonnenjahrs zu berichtigen. Nach *Omar-Chejam's* Er-

mittelung enthielt es 365 T. 5 St. 48′ 48″, fast völlig richtig. Eine Einschaltung von 15 Tagen ward für nöthig befunden und eingeführt. Die Perser besassen Planetentafeln von grosser Genauigkeit, welche beweisen, dass sie alte Beobachtungen benutzt und mit ihren eignen verglichen haben müssen.

Hulagu, ein Enkel *Dschingischans*, hatte Persien erobert und die Abassiden gestürzt, aber die Astronomie nahm er in seinen Schutz. In Marasch, nahe bei Tauris, versammelte er die berühmtesten Sternkundigen und errichtete eine Warte, aber neue Vervollkommnungen der Wissenschaft gingen von ihr nicht aus, denn *Nasireddin's* Tafeln, durch *Hulagu's* Ungeduld übereilt, waren weniger vollkommen als die alten *Ptolemäi*schen.

Ulugh-Beigh, Fürst der usbekischen Tataren, errichtete in seiner Hauptstadt Samarkand eine grosse mit kostbaren Instrumenten ausgerüstete Sternwarte, auf der er selbst beobachtete. Die wichtigste seiner Arbeiten ist die Bestimmung der Schiefe der Ekliptik, wofür er im J. 1437 23° 31′ 48″ fand. Er verfertigte neue astronomische Tafeln und unternahm eine Verbesserung des *Hipparchi*schen Sternverzeichnisses. *Alsuphi*, ein Araber, hatte für ihn die Oerter *Hipparchs* auf seine Zeit reducirt, *Ulugh-Beigh* prüfte sie mit seinem grossen Instrument und fand sie nicht genau, weshalb er den grössten Theil dieser Sterne von neuem beobachtete und bestimmte.

Mit dem Tode dieses trefflichen Fürsten, der von der Hand seines verrätherischen, gegen ihn empörten Sohnes fiel, verschwand auch die kurze Blüthe usbekischer Wissenschaft.

§. 256.

Wir müssen noch in Kurzem der chinesischen Astronomie gedenken, die ohne Berührung mit der des Westens blieb und sich auch, wie fast Alles bei diesem Volke, auf eigenthümliche Weise gestaltet hatte. Sie war fast stationär, und betraf hauptsächlich Beobachtungen der Finsternisse; welche in diesem Lande mit sehr genau vorgeschriebenen religiösen Ceremonien verbunden sind. Auf die Vorherbestimmung dieser Finsternisse concentrirt sich denn auch fast ihre ganze Astronomie, und überdies wäre es höchst gefährlich an den alten Bestimmungen etwas zu ändern, da kein Volk der Erde eine so blinde Verehrung für alles Alte hat als die Chinesen. Wenn nun gleichwohl eine Veränderung sich als unabweislich zeigte, so musste sie ebenfalls mit grosser Feierlichkeit und auf speciellen kaiserlichen Befehl, unter genauer Anführung der Gründe, vorgenommen werden. Die Kaiser klagten sich in öffentlichen Edikten

grober in ihrer Regierung begangenen Fehler an, wenn eine Finsterniss nicht, oder unerwartet, oder mit andern als den berechneten Umständen eingetreten war, und verordneten die genauesten Untersuchungen am Himmel und auf Erden. Eine solche ward z. B. im Jahr 721 n. Chr. dem *Y-hang* aufgetragen, der auch ziemlich der rechte Mann gewesen zu sein scheint. Er verfertigte Sonnentafeln, bearbeitete ein Sternverzeichniss und war noch mit andern Arbeiten beschäftigt, als er das Unglück hatte, dass eine von ihm vorausgesagte Finsterniss nicht eintraf, da der Himmel fast überall heiter war. Das ganze Land war in Bestürzung und *Yking* bot Alles auf, seinen Irrthum zu rechtfertigen. Unter andern gab er vor, Venus habe den Sirius bedeckt und dadurch den Himmel in Unordnung gebracht. (Es müsste freilich eine arge Unordnung des Himmels angenommen werden, wenn Venus bis zu 38° südlicher Breite herabsteigen sollte!)

Co-cheou-King unternahm 1280 eine neue Bestimmung der Schiefe der Ekliptik und fand 23° 32′ 2″. Ueberhaupt finden wir unter den Mongolen in China einigen geistigen Aufschwung. Die Mongolenherrscher, selbst der wilde *Dschingischan*, waren eifrige, wenn auch mitunter unverständige Beschützer der Wissenschaften.

Auch Versuche von Gradmessungen kommen vor; nur freilich waren sie von vorn herein im Prinzip verdorben. Der Chinese will nicht die Erde, sondern China messen, und zwar ganz genau bis auf das letzte Theilchen; was ausserhalb des himmlischen Reiches liegt und folglich nur von elenden Barbaren oder auch gar nicht bewohnt ist, kümmert ihn nicht im Geringsten.

Seitdem sich Jesuiten in China niedergelassen und in Peking ein astronomisches Collegium gegründet haben, halten sich die Chinesen dieser kopfanstrengenden und mit so bedenklicher Veranwortlichkeit verbundenen Arbeiten für überhoben. Diese Ordensgeistlichen erkannten in der Astronomie ein treffliches Mittel, ihren Einfluss zu gründen und sich unentbehrlich zu machen und haben sie mit Eifer und nicht ohne Erfolg getrieben: doch ihre Bemühungen gehören wesentlich der neuern europäischen Astronomie an.

§. 257.

Wenn das, was seit *Ptolemäus* von verschiednen asiatischen Völkern für Sternkunde gethan ward, unbedeutend und ärmlich im Vergleich zu den Arbeiten der grossen Alexandriner

war, so haben wenigstens die Europäer kein Recht, einen Tadel darüber auszusprechen. Denn was geschah in dieser langen Zeit im christlichen Abendlande, wo man mit Feuer und Schwert die freilich weit wichtigeren Fragen erörterte, wie viele Willen in Christo gewesen seien, ob Gott ein Scarabäus werden könne wenn er wolle u. dgl. mehr? Ja wenn durch ein Wunder des Himmels ein grosser Astronom in Europa erstanden wäre — welches Schicksal hätte er erfahren — würde man ihm früher eine Sternwarte gebaut oder nicht vielmehr einen Scheiterhaufen errichtet haben?

Einige schwache Versuche, die *Ptolemäi*schen Tafeln zu verbessern, kommen in Spanien vor, wo das von den Arabern angezündete Licht, trotz des glühenden Religionshasses, doch einige Strahlen auf die von Christen beherrschten Gegenden herüberwarf. *Alphonsus X.*, König von Castilien, unternahm diese Arbeit mit bedeutenden Kosten und Aufwand, unterstützt von Gelehrten aller Religionsparteien. Aber selbst die Krone die er trug, vermochte nicht, ihn vor den Folgen seiner Verwegenheit zu schützen. Eine seiner Aeusserungen, die *einen* Zweifel am *Ptolemäi*schen System enthielt, ward von den Mönchen als Gotteslästerung gestempelt. Sein eigner Oheim *Emanuel* sprach vor den versammelten Ständen seine Absetzung aus; arm und verlassen starb *Alphonsus* der Weise zu Sevilla im J. 1284.

Auch des *Roger Baco*, eines Zeitgenossen *Alphons*, kann einigermaassen hier gedacht werden, weil er eine Kalenderverbesserung vorschlug, welche den Fehler der *Juliani*schen Tafeln gehoben hätte, und weil er optische Kenntnisse besass, die in so früher Zeit Verwunderung erregen. Nur ist er sicher nicht der Erfinder des Teleskops und Mikroskops. — Auch ihn traf das unvermeidliche Schicksal derer, welche — wenn auch noch so vorsichtig und zurückhaltend — der Unwissenheit entgegentraten. *Baco* war Mönch geworden, um den Verfolgungen zu entgehen; umsonst. Ein Generalkapitel verurtheilte ihn als Zauberer; man verbot ihm zu schreiben und warf ihn in ein enges Gefängniss, wo er fast bis ans Ende seines Lebens blieb.

Dagegen waren diese Jahrhunderte das goldne Zeitalter der Astrologen, deren Unverschämtheit ins Unglaubliche ging. Jeder Fürst hatte an seinem Hofe einen oder mehrere Sterndeuter, und viele von ihnen wurden gänzlich von diesen Leuten beherrscht, die sich in Alles mischten und die geringsten

Handlungen des Menschen von seiner Geburtsstunde bis zu seinem Tode am Himmel kontrollirten. — Doch wir haben keine Geschichte der Astrologie zu schreiben.

§. 258.

Nach *Gutenbergs* grosser Erfindung war es auch den schlauesten Veranstaltungen der Feinde des Lichts nicht länger möglich dieses zurückzudrängen, und in Deutschland erstand der erste Astronom des neueren Europa — *Georg Peurbach.* Nachdem er in Italien an mehreren Orten mit Beifall Mathematik gelehrt, widmete er sich zu Wien astronomischen Studien und versuchte das Ptolemäische System und dessen Tafeln zu verbessern. Als er sich eben zu einer Reise nach Italien anschickte, um den Originaltext des Almagest zu studiren, überraschte ihn der Tod im April 1461 im noch nicht vollendeten 38 Lebensjahre.

Sein eifriger Schüler *Regiomontanus* (*Johann Müller* von Königsberg) trat an seine Stelle. Er schrieb astronomische Ephemeriden auf 30 Jahre, auch suchte er in diesem Werke die Fehler des Kalenders zu verbessern. Nach manchen wechselvollen Schicksalen fand er an *Bernhard Walther*, einem reichen Bürger zu Nürnberg, einen Mäcen. Beide Männer beobachteten von jetzt ab gemeinschaftlich. *Walther* liess mit bedeutenden Kosten eine Art Universalinstrument verfertigen, doch eine wesentliche Verbesserung der alten ptolemäischen Beobachtungsmethode nahmen sie nicht vor; ausser dass sie die Zeit durch die Sonne und die Fixsterne bestimmten, was wahrscheinlich auch schon *Peurbach* gethan hatte.

Im J. 1472 erschien ein grosser Komet, dessen Oerter sie ebenfalls bestimmten — der erste in Europa beobachtete. *Regiomontan* schrieb über ihn eine Abhandlung und zeigt, wie man aus seiner Parallaxe die Entfernung und Grösse herleiten könne. — Auch er starb im frühen Alter (40 J.) zu Rom an der Pest.

Wie einsam diese Männer unter ihren Zeitgenossen standen, wie wenig sie begriffen wurden, zeigen am besten die fabelhaften Erzählungen über die von ihnen verfertigten Kunststücke — einer eisernen Fliege, die bei Tische um die Gäste herumschwirrte, einem dito Adler, der vor dem Kaiser herflog und ihn bis in die Stadt begleitete u. s. w.

Walther setzte nach dem Tode seines Collegen die Beobachtungen allein fort. Er ist Urheber einer Methode, den Ort eines Planeten am Himmel durch den Abstand von zweien

bekannten Sternen zu finden; auch bediente er sich seit 1484 einer Uhr zu seinen Zeitbestimmungen.

Hieronymus Fracastor (geb. 1483 zu Verona) rüttelte am ptolemäischen System, allein seine Annahmen hatten noch weniger Wahrscheinlichkeit als dieses. Er glaubte Alles durch Vervielfachung der Sphären zu zwingen, und liess die Bewegungen des Saturn durch 17 und des Jupiter durch 11 Sphären entstehen, im Ganzen kommen mehr als 70 heraus. Sein weitläuftiges und verwickeltes Werk zeigt ihn uns als einen philosophischen Kopf, der die Mühe der Selbstprüfung nirgend scheut, und in der That hat er in einzelnen Punkten das Rechte getroffen. So war er z. B. der Erste, der die Verminderung der Schiefe der Ekliptik behauptete.

Noch manche Namen könnten aus dieser vorkopernikanischen Periode aufgeführt werden, allein ihre Leistungen, wenn gleich für jene Zeit wichtig, erscheinen doch zu unerheblich, um hier, wo Kürze geboten ist, besonders erwähnt zu werden.

§. 259.

Nicolaus Copernicus, geboren zu Thorn am 19. Febr. 1472, zeigte von seiner Kindheit an Eifer für die Wissenschaft und namentlich für Astronomie. Im 23. Jahre, nachdem er schon in Krakau die Doktorwürde erlangt hatte, ging er nach Italien, um den *Dominicus Maria* zu hören, der dort mit grossem Beifall die Astronomie lehrte, bestieg darauf in Rom selbst den Lehrstuhl und erhielt bei seiner Rückkehr durch seinen Oheim *Wazelrod* ein Kanonikat. Hier konnte er sich ganz seinem Lieblingsfache, dem Studium des Himmels widmen.

Dass das ptolemäische System die besseren Köpfe jener Zeit nicht befriedigen konnte, haben wir mehrfach wahrgenommen, aber da keiner gewagt hatte, an der Erde selbst zu rütteln, so mussten alle Versuche, ein besseres System einzuführen, fehlschlagen; ja durch die Sphären *Fracastors*, die eigentlich nur die Erneuerung und Erweiterung einer schon vom *Eudoxus* angeregten Idee waren, hatten sich die Unbegreiflichkeiten eher vermehrt als vermindert. *Copernicus* ruhte nicht, bis es ihm gelungen war, Licht in das Dunkel zu schaffen. Sein System ist bereits in den vorigen Abschnitten ausführlich erwähnt worden, hier möge also nur noch des Umstandes gedacht werden, dass er ausser seinem berühmten Werke: Nicolai Copernici libri sex de orbium coelestium revolutionibus, Norimbergae 1543 nichts im Druck hat erscheinen lassen. Es war dem Pabste *Paul III*, einem aufgeklärten Manne und Ver-

ehrer der Wissenschaften gewidmet; gleichwohl hat nur der Umstand, dass er gleichzeitig mit dem Erscheinen seines Werkes aus diesem Leben schied, ihn vor den Verfolgungen und Verunglimpfungen bewahren können, die seine Nachfolger im reichlichen Maasse erfahren sollten.

Drei Jahrhunderte sind bald verflossen, seit dieses Werk zuerst erschien, und die neuere Astronomie eröffnete. Möchte die Errichtung des Denkmals, das seine dankbare Vaterstadt ihm zu setzen beabsichtigt, dies dritte Jahrhundert auf würdige Weise schliessen.

§. 260.

Dass eine Menge Einwürfe gegen *Copernicus* System gemacht wurden, ja dass Viele sich gar nicht erst die Mühe nahmen, Einwürfe zu machen, sondern es a priori als absurd, gotteslästerlich, schriftwidrig u. dgl. verwarfen und verdammten, lag im Geiste der Zeit. — *Riccioli* in seinem Almagest führt 77 Gründe gegen ihn auf, doch ist er auch so billig 49 Gründe für ihn anzuführen, so dass er ihn zuletzt doch nur mit einer Majorität von 28 Stimmen verurtheilt. Die Aufzählung dieser 126 Gründe wird man uns erlassen; bemerkt aber möge noch werden, dass kein einziger seiner Gegner den einen Punkt, wo *Copernicus* wirklich Unrecht hat, die Beibehaltung des excentrischen Kreises und theilweise selbst der Epicyclen, angegriffen hat. Sein System empfiehlt sich am meisten durch Einfachheit und naturgemässe Lösung der Verwickelungen früherer Systeme, und gerade diese schöne Einfachheit zerstört *Copernicus* zum Theil selbst wieder durch die Adoption der *Ptolemäi*schen Nothsätze. Und diesen wesentlichen Mangel bemerkte man nicht! Wenn irgend Etwas geeignet ist, die Blindheit der damaligen Opponenten zu beweisen, so ist es gewiss dieser Umstand.

Copernicus Schüler, *Rheticus*, Prof. in Wittenberg (1514—1572) vervollkommnete die Rechnungsmethode und bearbeite insbesondere die Trigonometrie für astronomische Probleme.

Peter Apianus (*Bienewitz*) zu Ingolstadt ist als tüchtiger praktischer Beobachter ausgezeichnet. Er bemerkte dass die Kometenschweife stets nach der der Sonne entgegengesetzten Seite standen. Mit dem System des *Copernicus* konnte er sich nicht befreunden.

Reinhold (1511—1553) hatte die erste Ahnung von elliptischen Bewegungen, wiewohl er sich selbst darin nicht klar war: er schrieb ferner Tabellen, die er auf die Vergleichung

der Beobachtungen des *Ptolemäus* mit denen des *Copernicus* gründet.

Noch waren die Instrumente sehr unvollkommen und nicht geeignet, Genauigkeit zu gewähren. Ein Schritt zu Verbesserung waren die Transversallinien, welche *Tycho* zuerst für astronomische Instrumente anwandte (doch ohne ihr Erfinder zu sein, da er selbst sagt, er habe die Idee von *Hommel* in Leipzig erhalten); ein zweiter noch wichtigerer, der Nonius, von dem Portugiesen *Nuñez* erfunden, der sich auch noch durch Lösung einer damals schwierigen Aufgabe: den Tag der kürzesten Dämmerung zu finden, bekannt gemacht hat.

An die Stelle des Holzes fing man jetzt an, Metall zu den Instrumenten zu nehmen, und da vor nicht langer Zeit das Messing in Nürnberg durch *Ebner* erfunden worden war, so kam dies bald in allgemeinen Gebrauch und ist es bis heut geblieben.

Tycho erfand den Sextanten, vervollkommnete alle Instrumente und kann als der erste genauere Beobachter vor *Bradley* angesehen werden. Gleichzeitig liess *Wilhelm IV.* Landgraf von Hessen, in Kassel eine prächtige Sternwarte bauen und mit sorgfältig gearbeiteten Instrumenten versehen. Er berief *Christoph Rothmann* und *Justus Byrg* und beobachtete mit ihnen: mehrere ihrer Kometenbeobachtungen haben noch in unsern Tagen zur Berechnung gedient.

Byrg, ein Schweizer, hat sich durch Erfindung des Proportionalzirkels und eine Berechnung der Sinus von 2 zu 2 Sekunden ausgezeichnet, was unglaublich klänge, wenn man nicht annehmen will, dass er die Logarithmen gekannt habe. Ist dies der Fall, so muss er sie geheim gehalten haben, denn *Neper* erfand sie erst 40 Jahr nachher.

Die Thätigkeit *Wilhelms IV.* und seiner Mitarbeiter war ausserordentlich und scheint selbst *Tycho's* Eifersucht erregt zu haben. Sie bestimmten die Oerter von 900 Sternen, suchten eifrig nach der Sonnenparallaxe, gelangten aber zu der Ueberzeugung, sie sei unmessbar für die damaligen Instrumente. Sie hatten bereits die in neuern Zeiten von *Bessel* wieder zur Anwendung gebrachte Methode, das Passageinstrument in jedem Vertikal zu gebrauchen. *Hagecius* setzte an ihre Stelle die ausschliesslichen Meridianbeobachtungen, und *Tycho* tadelt sie ebenfalls; doch kann man wohl nur sagen, dass es damals in Ermangelung guter Uhren noch zu früh war, einen solchen Gebrauch von den ohnehin mangelhaften Instrumenten zu machen.

§. 261.

Tycho de Brahe ist der Reformator der Beobachtungskunst, wie *Copernicus* der des Weltsystems. Als 14jähriger Knabe erblickte er 1560 eine Sonnenfinsterniss, und der Umstand, dass sie genau zur vorherbestimmten Zeit eintrat, erregte seine Bewunderung in einem solchem Grade, dass er von Stund an die Astronomie auf's eifrigste studirte, und da sein heller Kopf bald die Dürftigkeit der damaligen literarischen Hülfsmittel einsah, so begann er eigne Arbeiten, anfangs heimlich gegen den Willen seines Erziehers, der durchaus einen Juristen aus ihm machen wollte. Er verglich den Himmel mit den Ephemeriden des *Alphonsus* und *Copernicus* fand die letztern zwar viel genauer als die ersten, doch immer noch stark abweichend. Heimlich, während sein Lehrer schlief, beobachtete er mit einem unvollkommnen Instrument, und da man ihm kein Geld gab, sich bessere anzuschaffen, so untersuchte er dessen Fehler und machte sich Tabellen über diese — das erste Beispiel einer Verfahrungsweise, die jetzt alle sorgfältigen Astronomen befolgen.

Auch in der Folge zogen ihm seine Lieblingsbeschäftigungen von Seiten seiner Verwandten Verachtung zu; nur ein Oheim mütterlicher Seite, *Sten Bille*, nahm seine Parthei und unterstützte ihn. Unwissenheit und Geringschätzung nützlicher Kenntnisse waren damals noch fast allgemein unter dem Adel, der eine Ehre in diese Gesinnung setzte. — *Tycho* überwand alle Schwierigkeiten, und diese grosse Selbstständigkeit und Energie seines Characters hat er in allen Verhältnissen seines Lebens bewiesen. Die Unduldsamkeit, die er erfahren hatte, gab er bei mancher Gelegenheit seinen Zeitgenossen zurück: sein gerechtes Selbstgefühl verleitete ihn zur Ungerechtigkeit und Verkennung fremder Verdienste. Dies mag seine Opposition gegen *Copernicus* System, seine strenge Kritik der Kasseler Beobachtungen und manches Andere erklären: doch bleiben seine wahren Verdienste unbestreitbar gross und für seine Zeit einzig.

Er beobachtete unter andern den neuen Stern in der Cassiopeja, der plötzlich am 11. Nov. 1572 erschien. Er untersuchte auf die möglichst vortheilhafteste Weise, ob dieser Stern, wie andere zu finden geglaubt hatten, eine wirkliche Parallaxe habe, und fand das Gegentheil, woraus er schloss, dass er weiter als Saturn und alle Planeten von der Erde entfernt sein müsse. Den zum grössten Theil lächerlichen Meinungen der damaligen Zeiten über diesen Stern trat *Tycho* mit der ihm

eignen Schärfe der Beurtheilung entgegen, und zog es vor, ihn genau zu beobachten, die Erklärung der Zukunft überlassend.

Tycho, müde der Anfeindungen und Vernachlässigungen in seinem Vaterlande, fasste den Entschluss ins Ausland zu gehn und sich in Basel niederzulassen. Der edelmüthige *Wilhelm IV.* von Hessen schrieb an den König von Dänemark und vermittelte so, dass dieser Fürst der eifrigste Beschützer *Tycho's* ward. Er schenkte ihm die Insel Hween, und erbaute ihm dort die prachtvolle Sternwarte Uranienburg; Mitarbeiter, theils zum Beobachten, theils zum Rechnen, wurden berufen und erst von jetzt an betrachtete er seine Arbeiten als probehaltig. Er war der Erste der die Breite seines Beobachtungsortes durch Circumpolarsterne bestimmte; der Erste, der die Refraktion an seine Beobachtungen anbrachte. Bis dahin hätten alle, auch *Tycho* selbst, sie für zu unbedeutend gehalten: bei der Genauigkeit seiner Beobachtungen konnte sie nicht länger verborgen bleiben. In der Erklärung der Refraktion war er zwar nicht so glücklich, aber gleichwohl hat er einige scharfsinnige und richtige Bemerkungen darüber gemacht, die er seinen *Beobachtungen* verdankte. Er entdeckte die Variation der Mondbahn, die Ungleichheit der Kometenbewegung und die Veränderlichkeit der Neigung. Auch die jährliche Ungleichheit der Mondbahn bemerkte er, schrieb sie aber einer falschen Ursache zu. — Aus seinen Kometenbeobachtungen, namentlich denen des Kometen von 1577, zeigt er, dass diese Körper unmöglich in den der Erde angehörenden Regionen sich aufhalten könnten, sondern weit jenseits der Bahn des Mondes liefen.

§. 262.

Bekanntlich nahm *Tycho* das System des *Copernicus* nicht an. Einem Forscher wie ihm konnte die gänzliche Unhaltbarkeit des ptolemäischen nicht entgehen, und er führt sogar neue Gründe gegen dasselbe auf, die weder *Copernicus* noch seine Vorgänger bemerkt hatten. Aber obgleich er gesteht, dass das kopernicanische besser sei und nichts Ungereimtes und gegen die Grundsätze der Mathematik Verstossendes enthalte, so lange man nur den Lauf des Mondes und der Planeten betrachte, so machten ihn doch einerseits die Kometen, die nicht rückläufig wurden, andrerseits physische Gründe daran irre. Wir haben die erheblichsten bereits oben aufgeführt: es sei hier nur noch bemerkt, dass er gegen die ungeheuren Entfernungen der Fixsterne, wie sie aus *Copernicus* System folgen, den Einwand macht, wie es denn möglich sei, sie überhaupt zu

sehen? Sie müssten ja alsdann viele Millionenmal grösser als unsre Sonne sein. Hätte er die Teleskope gekannt, und ihre Wirkung auf die Fixsterne beobachtet, so würde er den Einwand nicht gemacht haben.

Ob an der Verwerfung des *Copernican*ischen Systems nicht auch der Verdruss, es nicht selbst erfunden zu haben, einigen Antheil hatte, wollen wir dahin gestellt sein lassen. Entschieden stand er als Beobachter hoch über *Copernicus* und alle Zeitgenossen; aus seinen Beobachtungen folgte mit weit grösserer Evidenz als aus allen übrigen, dass das *Ptolemäi*sche System falsch sei, und *Copernicus*, hätte er sie benutzen können, würde vielleicht nicht drei und zwanzig Jahre bedurft haben, sein System festzustellen.

Auch einige Schriftstellen machte er gegen *Copernicus* geltend, und bei ihm scheint dieser Einwurf nicht auf Heuchelei beruht zu haben; seine Anhänglichkeit an den Buchstaben der Bibel war wohl aufrichtig und überdiess im Geiste seiner Zeit.

Aller Ruhm und alle Verdienste konnten diesen grossen Mann nicht sicher stellen. Er war kein Hofmann und verschmähte dies zu sein: dies war ihm von keinem Nachtheil, so lange sein königlicher Beschützer lebte, aber nach dessen Tode entzog man ihm seinen Jahrgehalt, und verbot ihm die astronomischen und chemischen Arbeiten*). *Tycho* flüchtete und fand Aufnahme beim Kaiser *Rudolph*, und beobachtete einige Zeit in Prag**) mit *Kepler* und *Longomontanus*. Nur zwei

*) Diese Verfolgung ging nicht von der Kirche aus. Ihre wahren Motive kennen wir nicht: die grossen Kosten, die das Observatorium veranlasste, waren der Vorwand. „Man ist solchen Elenden," sagt *Bailly*, die Unsterblichkeit schuldig; mögen sie wünschen, nach dem Tode vergessen zu werden; unsre Pflicht ist, sie den Lebenden zur Warnung aufzustellen." Urheber der Vertreibung *Tycho's* war der Minister *Walkendorp*.

**) Gewöhnlich wird angeführt, seine dortige Sternwarte habe auf dem Wischehrad gelegen, da dieser freiliegende Berg sich am besten dazu zu eignen schien. Aber ein Manuscript, welches ich 1837 im Prämonstratenserkloster Strahof zu Prag sah, enthält eine Notiz, dass *Tycho* sich über den nächtlichen Chorgesang des Carmeliterklosters beschwerte, welches ihm bei seinen Beobachtungen hinderlich falle: dies aber liegt auf dem Hradschin und über ¼ Meile vom Wischehrad entfernt. Es ist also wahrscheinlich, dass seine Sternwarte gleichfalls auf dem Hradschin lag.

Jahre diente er seinem neuen Beschützer, denn am 24. Octb. 1601 starb er, 55 Jahr alt, mit dem Ausrufe: „Ich habe nicht umsonst gelebt!"

Funfzig Jahr später besuchte *Huet* die Insel Hween, und fand nichts als den Boden, keine Spur mehr von den Mauern Uranienburg's. Weder der Pfarrer noch die Einwohner wussten etwas von *Tycho*; der Name war ihnen fremd: nur ein Greis erinnerte sich dunkel, die Warte noch gesehen zu haben. — Trösten wir uns, dass so Etwas im neunzehnten Jahrhundert auch selbst im entferntesten Winkel von Europa nicht mehr möglich wäre.

§. 263.

Johann Kepler, geb. am 27. Decbr. 1571 zu Weil in Würtemberg, studirte in seiner Jugend aus Neigung die Astronomie und kam, wie oben erwähnt, nach Prag, wo er auf *Tycho's* Empfehlung vom Kaiser *Rudolph* als Mathematiker angestellt ward. Sein Leben war ein Kampf mit Widerwärtigkeiten: in den unruhigen Zeiten blieb seine Besoldung aus, Krankheit und Kummer nagten an ihm bis er *1630 zu Regensburg* starb. Er benutzte *Tycho's* und seine eignen Beobachtungen, um die wahre Gestalt der Planetenbahnen zu erforschen, worin er nach langen vergeblichen Versuchen das Rechte traf und die drei Gesetze fand, die seinen Namen unsterblich machen und *Newton* die Bahn ebneten. Namentlich war es der Planet Mars, dessen Bewegung er mit der in einem excentrischen Kreise unvereinbar fand. In seinem Hauptwerke: Astronomia nova de motibus stellae Martis, Pragae 1609 entwickelt er diese bereits oben angeführten Gesetze. Er hat sie fast ganz durch Versuche, nicht durch theoretische Betrachtungen gefunden; man kann in dem oben genannten Werke, das mit einer gewissen liebenswürdigen Naivetät geschrieben ist, die ungemein mühsame Arbeit kennen lernen. Seine Verdienste und seine Schicksale hat *Kästner* treffend in dem bekannten Epigramm besungen:

„So hoch ist noch kein Sterblicher gestiegen
Als *Kepler* stieg — und starb in Hungersnoth!
Er wusste nur die Geister zu vergnügen
Drum liessen ihn die Körper ohne Brot!"

Kepler ist auch als Optiker verdient: er schrieb Supplemente zum Vitello und eine Dioptrik. In letzterer giebt er auch eine Refraktionstabelle, und ist der erste der die Behauptung ausspricht: die Entfernung des Gegenstandes verändre die astro-

nomische Refraktion nicht, da sie nur in den Luftschichten der Erde vor sich gehe. Das Fernrohr, was zu seiner Zeit erfunden ward, hat er ebenfalls theoretisch behandelt und Vorschläge gemacht, wie es verbessert werden könne.

§. 264.

Die Erfindung des Fernglases, nach der der Buchdruckerkunst die grösste und folgenreichste, begründet eine neue Epoche in der Astronomie. *Tycho's* Instrumente und Beobachtungsmethoden hatten einen Grad von Genauigkeit, der ohne ein solches Hülfsmittel nicht erheblich hätte überschritten werden können; denn alle Einheit der Theilung, alle Kunst der Mechanik hätte ihren Zweck verfehlt, wenn nicht gleichzeitig das Sehen selbst an Genauigkeit gewann; und wie wäre es vollends möglich gewesen, die Einzelnheiten des Himmels, die Oberfläche der Weltkörper u. s. w. zu erforschen, wenn nicht diese vortreffliche Entdeckung zur rechten Zeit gekommen wäre!

Die Geschichte dieser Erfindung lässt sich nicht vollständig aufhellen. Ist es gleichwohl ausgemacht, dass sie dem Ende des 16. oder Anfang des 17. Jahrhunderts angehöre, und dass Holland ihre Geburtsstätte sei, so ist doch der wahre Erfinder zweifelhaft. Am meisten hat die Meinung für sich, dass *Zacharias Joannides* (*Janson*) zu Middelburg die Erfindung (ob zufällig, durch das Spiel seiner Kinder mit Brillengläsern?) gemacht habe.*) Die anfängliche Geheimhaltung ist wahrscheinlich Schuld an dieser Ungewissheit. Seit dem J. 1609 finden wir das Fernrohr in den Händen der Astronomen, und rasch folgen nun Entdeckungen auf Entdeckungen. *Simon Marius* findet die Jupiterstrabanten, *Scheiner* die Sonnenflecken, *Galiläi* die Sichelgestalten der Venus und die ersten Spuren des Saturnringes, die Flecken des Mondes u. a. m.

Und aufs Neue sehen wir den Verfolgungsgeist sich regen! Jene Männer waren genöthigt, ihre Entdeckungen in Geheimniss zu hüllen und zu kindischen Wortspielen ihre Zuflucht zu nehmen. So schrieb *Galiläi* an *Kepler* am 11. Dec. 1610:

Haec immatura a me jam frustra leguntur o. y.

*) Zu diesem Resultat gelangt namentlich *Wilde* in seiner Optik (Berlin 1838) p. 138—172, wo er alle hierher gehörigen Zeugnisse prüft und neben den Ansprüchen des *Z. Jansen* nur noch die seines Landsmannes und Zeitgenossen *J. Lipperseim* (*Laprey*) nicht ganz ungegründet findet.

in welchem unverständlichen Satze die Buchstaben zu folgendem Hexameter sich befinden:

Cynthiae figuras aemulatur mater amorum:

nämlich: Venus imitatur figuras lunae. — Wir werden sogleich sehen, wie wenig selbst die grösste Vorsicht ihn sicher zu stellen vermochte.

Galiläi, der grösste Naturforscher seiner Zeit, durch die wichtigsten physikalischen, mechanischen, astronomischen und mathematischen Entdeckungen hochberühmt, ward 1564 zu Pisa geboren. Eine seiner ersten Entdeckungen war das Gesetz der Schwingungen des Pendels, dessen hohe Wichtigkeit für die Astronomie er freilich wohl noch nicht ahnte. Schon sein Versuch mit fallenden Körpern, wodurch er zeigte dass das Gewicht der Körper auf die Gesetze des Falles keinen Einfluss habe, regten Neid und Verfolgung gegen ihn auf — er musste sein Lehramt zu Pisa verlassen. In seinem Werke über die Sonnenflecken (1611) erklärt er sich für das *Copernica*nische Weltsystem, und von da ab ist die Geschichte seines Lebens die Geschichte der Verläumdungen, Verspottungen und Verfolgungen, die er unablässig erdulden musste, und denen er zuletzt unterlag. Ein Mönch, der öffentlich gegen ihn predigte, machte auf eine wahrhaft läppische Weise die Schriftstelle: „Ihr Männer von Galiläa (Viri *Galiläi*) was stehet ihr hier und sehet gen Himmel„ zum Text seiner Diatribe. In Rom, wo er sich vertheidigen wollte, begnügte man sich anfangs mit der ihm abgeforderten Erklärung: das *Copernica*nische System weder mündlich noch schriftlich weiter zu behaupten. Die Anklage lautet: „quod teneret, tanquam veram, falsam doctrinam a multis traditam, solem videlicet esse in centro mundi et immobilem, et terram moveri motu etiam diurno.“ Funfzehn Jahr später wagte er es, ein Werk: Gespräche über die *Ptolemäi*sche und *Copernica*nische Weltordnung, ans Licht treten zu lassen. Das Buch erhielt in Rom 1630 und bald darauf auch in Florenz das Imprimatur. In diesem lässt er drei Personen auftreten, eine für *Ptolemäus*, die zweite für *Copernicus*, die dritte als Richter. Mit äusserster Vorsicht vermeidet er jede Entscheidung; nichts desto weniger wussten die Jesuiten den ihm günstig gesinnten und befreundeten Pabst *Urban VIII.* gegen ihn einzunehmen. Des Ungehorsams gegen die päbstlichen Verbote angeklagt, musste der siebenzigjährige kranke Greis im Winter 1633 nach Rom kommen, hier einige Monate in den Kerkern der Inquisition schmachten und

endlich seine „Irrthümer" knieend abschwören. Es wird erzählt, dass er im Augenblicke, wo er wieder aufstand, mit dem Fusse gestampft und hinzugefügt habe: „E pur si muove" (und doch bewegt sie sich!) Seine Strafe war Kerker auf unbestimmte Zeit; indess ward dies bald in eine Verweisung nach Arcetri bei Florenz verwandelt.

Von jetzt ab, halb erblindet und durch die rohe Behandlung, die er erlitten, unheilbar krank, beschäftigte er sich mit Untersuchungen in der Mechanik, und noch zwei wichtige Werke über die Gesetze der Bewegung sind Früchte dieser spätesten Lebensjahre. Er schlug zuerst die Jupiterstrabanten zu Längenbestimmungen vor. Mit dem letzten Reste seines Augenlichts entdeckte er noch 1637 die Libration des Mondes, kurz darauf ward er völlig staarblind. Aber auch jetzt noch ruhte sein Geist nicht. „Ich grüble in meiner Finsterniss (so schrieb er 1638) bald diesem, bald jenem Gegenstande der Natur nach und kann meinen rastlosen Kopf nicht zur Ruhe bringen, so sehr ich es auch wünsche!" Er starb 1642 am 8. Januar.

§. 265.

René Descartes, wiewohl seine vorzüglichsten Arbeiten andern Gebieten der Naturforschung angehören, war gleichwohl auch der Astronomie nicht fremd. Sein Versuch, durch Wirbel die Bewegung der Himmelskörper zu erklären, musste freilich *Newtons* Attraktionsgesetze weichen; allein seine Untersuchungen über das Licht (dessen Geschwindigkeit er schon zu messen versuchte) die Brechung und Reflexion, so wie über Fern- und Vergrösserungsgläser, erhalten sein Andenken auch in der Astronomie.

In diese Zeit fallen auch die ersten Versuche, die Oberfläche des Mondes darzustellen, von denen bereits oben geredet worden ist. *Hevel*, der Vater der Selenographie, war ein ungemein thätiger Astronom, dessen Sternverzeichniss indess bald durch bessere verdrängt wurde. Auch hat er mehrere Sternbilder eingeführt: seine übrigen Arbeiten sind nicht von Erheblichkeit für die Gegenwart.

Die Zahl der beobachtenden wie der auf andere Weise für Astronomie thätigen Gelehrten nimmt von jetzt ab auf eine erfreuliche Weise zu, und die Geschichte der Wissenschaft ist weniger als bisher an einzelne grosse Namen geknüpft. Ueberdies sind bei den einzelnen Gegenständen in den vorangegangenen Abschnitten dieses Werks zugleich die neuern Bearbeiter, so weit dies thunlich, erwähnt worden, deshalb möge

hier ein rascher Ueberblick der letzten zwei Jahrhunderte genügen.

Die Entdeckung der Geschwindigkeit des Lichts durch *Olaus Römer* und die des Unterschiedes der Pendellängen durch *Richer* bereiteten andre wichtige Arbeiten und Entdeckungen vor. Mehr noch ward die allgemeine Aufmerksamkeit durch *Cassini's* mit sehr grossen Fernröhren angestellte Untersuchungen der einzelnen Weltkörper, ihrer Flecke u. dgl. angeregt; *Huygens* hat auf diesem Felde wichtige Entdeckungen gemacht. Der Entdeckung des Gesetzes der Schwere war bereits mehrfach vorgearbeitet: *Keplers* Gesetze, die Erforschung der Gestalt der Kometenbahnen durch *Dörfel*, die tiefeindringenden Ideen *Hooke's* und *Barrow's* bahnten *Newton* den Weg, sein Weltsystem aufzustellen, und die Astronomie auf ewige Zeiten fest zu gründen. Jetzt ergeben sich mit einem Male mehr neue Resultate, als alle früheren Forscher zusammengenommen herausgebracht hatten, und sie alle wurden auf eine gemeinschaftliche Quelle zurückgeführt.

Flamsteed bearbeitete gleichzeitig das grosse (erst nach seinem Tode erschienene) brittische Sternverzeichniss; und die Arbeiten der Engländer auf ihren mit grossen Kosten errichteten Sternwarten beginnen von da ab in ununterbrochener Reihe. Unter ihnen ist *Bradley* der grösste und sorgfältigste Beobachter, und der hohe Werth seiner Arbeiten ist in unsern Tagen durch *Bessel* in sein volles Licht gestellt worden. Er entdeckte die Aberration des Lichts und die Nutation der Erdaxe, und erklärte beide.

Der unermüdet thätige *Maskelyne*, der fast 100000 Sterndurchgänge beobachtete, war sein Nachfolger; *Pond* und *Airy* haben den hohen Ruhm der Sternwarte Greenwich, die so viele gefeierte Namen aufzuweisen hat, auf die würdigste Weise behauptet.

Unabhängig von diesen, fast allein auf consequente und beharrlich fortgesetzte Beobachtung der Sternörter gerichteten Bemühungen, waren die des grossen *W. Herschel*, seiner Schwester und seines Sohnes. Mit selbstverfertigten Instrumenten von einer bis dahin ungekannten optischen Kraft drangen sie in die innersten Tiefen des Himmels. Die beiden von den Doppelsternen und Nebelflecken handelnden Abschnitte geben Zeugniss von ihnen.

Auch die wesentliche Verbesserung der Ferngläser durch *Dollond* gehört den Engländern an, die überhaupt das ganze

18. Jahrhundert hindurch unbestritten an der Spitze der Astronomie stehen.

Etwas später finden wir Frankreichs Astronomen in gleicher Art thätig. Dagegen treffen wir hier auf grosse Analysten, wie *Clairaut*; auf eifrige Entdecker, Beobachter und Berechner von Kometen (*Messier* allein hat 19 aufgefunden) und gegen Ende des Jahrhunderts auf die beiden *Lalande*, die Urheber der histoire céleste, eines noch heut nicht übertroffenen Werkes. Franzosen waren es, welche zuerst durch Gradmessungen die Figur der Erde bestimmten, und den Grund zu einer genaueren Erforschung des südlichen Himmels legten (durch *La Caille*).

Die Bestimmung der Sonnenparallaxe durch die Venusdurchgänge 1761 und 1769 muss als ein Resultat des Zusammenwirkens fast aller civilisirten Nationen Europa's angesehen werden, denn hier konnte man nur von einer Vereinigung sämmtlicher Kräfte einen günstigen Erfolg hoffen. Das Verdienst indess, zuerst darauf aufmerksam gemacht zu haben, wie dieses höchstwichtige Element gefunden werden könne, gebührt *Halley*, dem berühmten Zeitgenossen *Newtons*.

In Deutschland treffen wir in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts nur auf vereinzelte Bestrebungen, und die Sternwarten zu Wien, Berlin, Göttingen u. a. m. waren noch nicht wie heut im Stande, mit denen der Britten und Franzosen zu wetteifern, und die *Kirch* und *Hell* waren nicht die Männer, die den *Messiers* und *Bradleys* zur Seite gestellt werden können. Bedeutender treten Deutschlands Astronomen in dessen zweiter Hälfte auf. War gleich *Bode's* langjähriges und folgenreiches Wirken mehr ein schriftstellerisches als ein beobachtendes, so hat er doch durch seine Sternverzeichnisse und Sternkarten, vor Allem aber durch seine Ephemeriden unbestreitbar grosse Verdienste. Gegen Ende des Jahrhunderts machte *Zach* seine zahlreichen Ortsbestimmungen mit einem Instrument, welches er zuerst zu diesem Zweck im Grossen benutzte, dem Sextanten; *Bürg*, *Olbers* u. A. bereicherten die theoretische und praktische Astronomie durch wichtige Arbeiten und die Sternkunde fand eine Verbreitung und Anerkennung, die sie bis dahin nie und nirgend gefunden hatte.

Auch Schweden, Dänemark, Italien und selbst Russland blieben jetzt nicht zurück: *Wargentin*, *Bugge*, *Carlini*, *Wisniewsky* u. A. sind als Beobachter und zum Theil auch als Theoretiker für Erweiterung der Wissenschaft thätig; doch

sollte allen diesen Ländern erst das neunzehnte Jahrhundert die rechte Blüthe bringen.

§. 266.

Im neunzehnten Jahrhundert endlich, das uns in seiner ersten Nacht mit einem neuen Bürger unsers Sonnensystems beschenkte, erblicken wir die Wissenschaft in so allgemeiner Verbreitung, dass das Uebergewicht einzelner Nationen, und namentlich der Britten im 18. Jahrhundert, fast ganz verschwindet, ohne dass gleichwohl irgendwo Abnahme oder selbst nur Stillstand bemerkt würde. Die meisten und grössten Namen hat Deutschland aufzuweisen, ja Viele von denen, welche die Sternwarten des Auslandes berühmt machten, sind Deutsche. Besonders seit dem Ende der europäischen Kriege nahm die Astronomie, wie die Naturwissenschaft überhaupt, ihren hohen Aufschwung. Auch die andern Erdtheile bleiben nicht zurück: nicht allein haben Europäer, vorzüglich Engländer, auf den entlegensten Punkten der Erde Sternwarten errichtet; sondern wir finden auch solche, an deren Gründung Europa nur mittelbaren Antheil hat. Die mechanischen und optischen *Künste sind* nicht zurückgeblieben: sie liefern dem Beobachter Instrumente von einer Vollkommenheit, Kraft und Bequemlichkeit des Gebrauchs, wie man sie noch vor wenigen Jahrzehnden für unmöglich hielt. So darf die Wissenschaft, sicher gestellt und befördert von Fürsten, die darin ihren höchsten Ruhm erblicken, innerlich erstarkt und gegründet durch Männer, welche in die tiefsten Tiefen des Wissens eindrangen, einer freudigen Zukunft entgegenblicken!

Bayerische Staats-Bibliothek München

Berichtigungen.

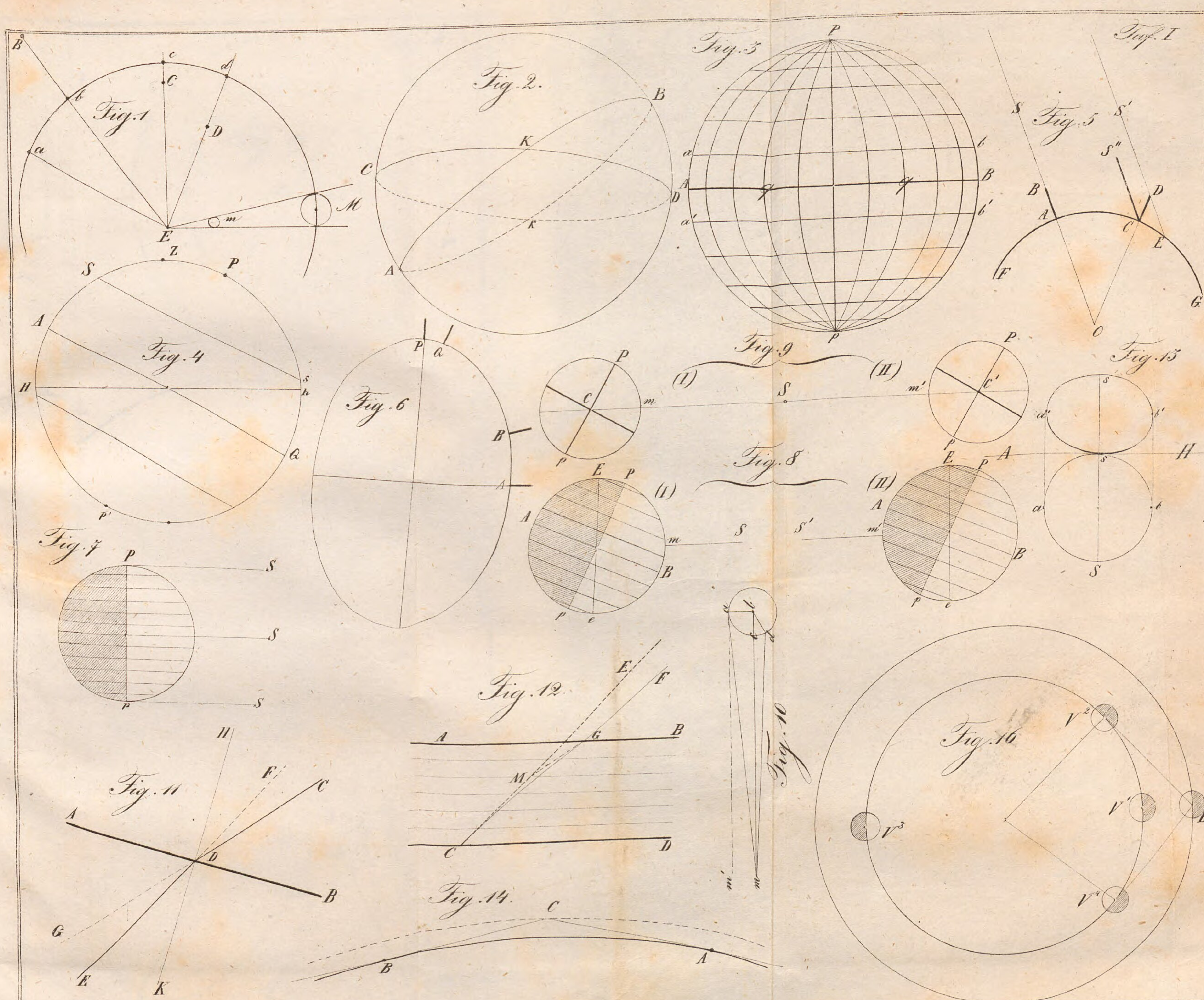
S. 7. Z. 7. v. u. fehlt: (Fig. 1.)
- 8. - 11. v. u. l. AKBk statt AKBK.
- 9. - 2. v. o. l. CKDk statt CKDK.
- 9. - 6. v. u. l. geschnitten statt zugeschnitten.
- 12. - 17. v. u. fehlt (Fig. 4).
- 13. - 3. v. o. l. überschreitet die südliche.
- 17. - 15. v. o. l. seitwärts, nahe rechtwinklicht auf der Linie.
- 17. - 3. v. u. l. $\frac{1}{3}$ statt $1\frac{1}{3}$.
- 20. - 9. v. u. l. S'D statt SD.
- 21. - 2. v. o. l. AC statt AB.
- 22. - 7. v. u. l. Godin statt Gudin.
- 23. - 10. v. o. l. Rosenberger statt Rosenberg.
- 24. - 3. v. o. l. 57011,453 —.
- 32. - 13. v. o. l. Asteroiden statt Asterriaden.
- 32. - 9. v. o. l. (Fig 10.) b.
- 35. - 4. v. u. l. $D = \left(\frac{m-1}{m}\right)^n$
- 38. - 5. v. o. l. Oltmanns statt Ottmanns.
- 40. - 10. v. o. l. Bradley statt Bradlay.
- 40. - 14. v. u. a's'b's l. statt as'bs.
- 43. - 15. v. o. l. rotirenden statt notirende.
- 53. - 18. u. 19. v. u. l. Erdbahn — nach Aristarchs Vorstellung — nur wie ein Punct gegen die Entfernung der.
- 57. Z. 2. v. u. l. a'b statt a b.
- 58. - 2. v. o. l. a'b statt a b.
- 61. - 11. v. u. l. ESp obere Conjunction.
- 67. - 12. und 13. v. u. vertausche B und D in den beiden Zeilen.
- 74. - 8. v. o. l. s statt 5.
- 78. - 7. v. u. l. wie 288 : 289 $(1-(\cos p)^2)$.
- 79. - 11. v. o. l. Untersuchungen statt Nachsuchungen.
- 79. - 7. v. u. l. deren Dichtigkeit statt welche.
- 80. - 5. v. o. l. $\frac{vD}{r^2}$
- 82. - 16. v. u. l. Shehallien statt. Shehalion.
- 91. - 21. v. u. l. B'C statt B C.
- 91. - 20. v. u. l. B'C' statt BC'.
- 91. - 20. v. u. l. B'C statt BC.
- 92. - 5. v. o. l. B' statt B.
- 92. - 6. v. o. l. B'C statt BC.
- 92. - 9. v. o. l. CC' statt C'.
- 92. - 13. v. o. l. $B'C > AB$, $C'D > B'C$ u. s. w.
- 92. - 1. v. u. vor Winkel, fehlt spitze.
- 93. - 1. v. u. l. B'CS statt B'C'S.
- 95. - 16. v. u. l. a n statt a m.
- 98. - 6. v. o. l. $= Sc(1+\mu)$.
- 104. - 5. v. u. l. Anomalie statt Länge.
- 106. - 5. v. u. l. 9^h statt 9'.

S. 108. Z. 9. v. u. l. $+ 1' 3'',17$.

- 116. - 12. v. o. l. $A = \frac{400^2}{401^2}$

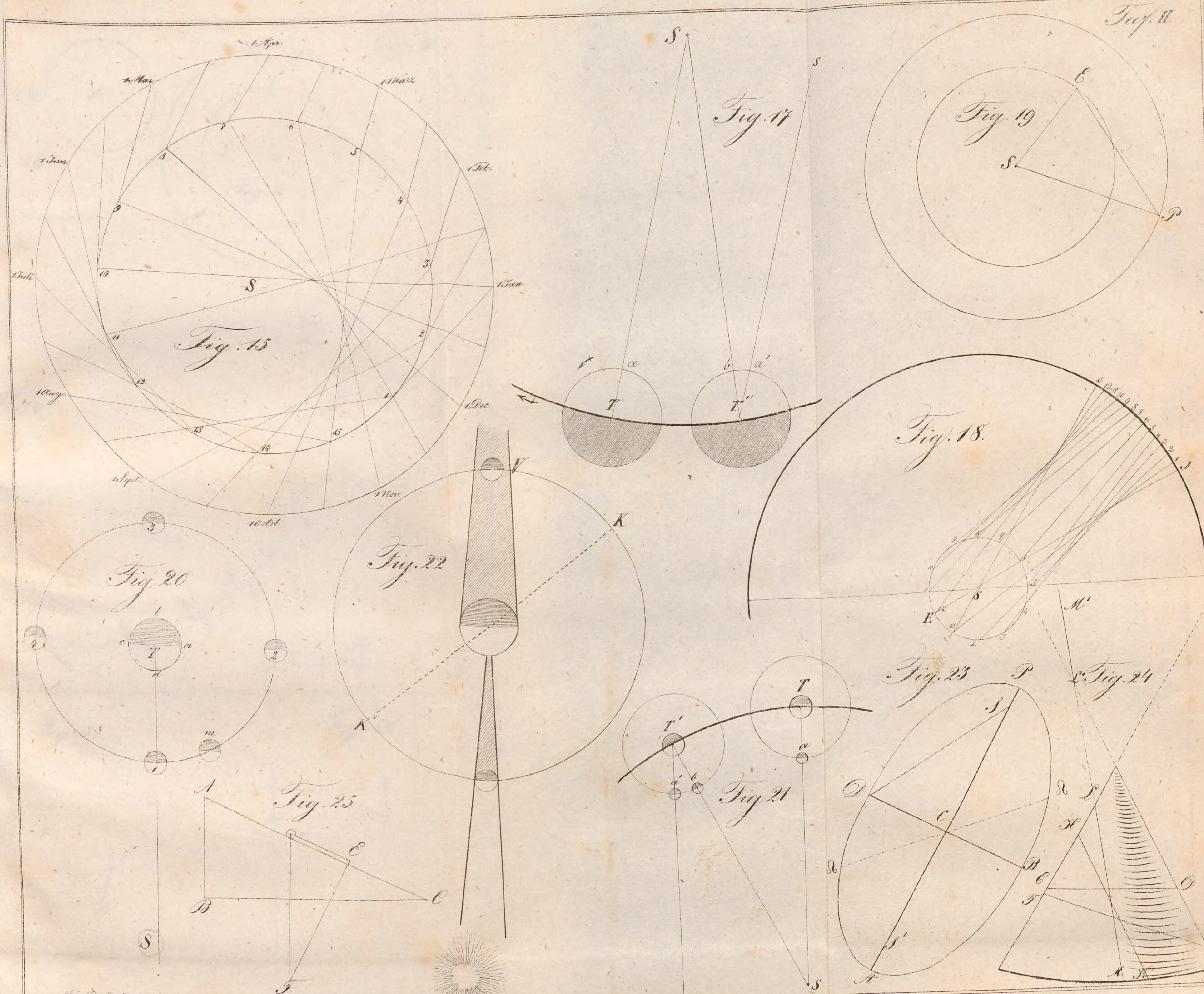
- 117. - 12. v. u. Hierher gehört die Anm. S. 120.
- 124. - 23. u. 24. v. o. l. 354936.
- 134. - 20. v. u. l. Pastorff statt Kastorff.
- 136. - 16. v. u. l. in Apenrade, van Swinden.
- 136. - 1. v. u. l. Bowditch, Ferrer und Adams.
- 137. - 4. v. o. l. Terceira statt Terreira.
- 137. - 12. v. o. l. 33′ statt 33″
- 143. - 2. v. o. l. 0,00686183.
- 147. - 5. v. u. l. Stunden statt Tagen.
- 156. - 13. v. o. l. 354936 statt 345936.
- 160. - 3. v. u. l. draconitische statt dracanitische.
- 163. - 8. v. o. l. = statt in
- 171. - 1. v. u. l. Bd. 16. p. 257.
- 172. - 15. v. u. l. geocentrisch statt geometrisch.
- 173. - 16. v. u. vor sehen, fehlt untergehen.
- 176. - 5. v. u. l. meteorisch statt meterrisch.
- 177. - 9. v. o. l. Reich statt Raich.
- 197. - 7. v. o. l. rasa statt rosa.
- 212. - 2. v. u. l. Wargentin statt Wargantin.
- 213. - 7. v. o. l. Maclear statt Maclean.
- 213. - 15. v. o. §. 125. zu streichen.
- 214. - 4. v. o. l. Kunowsky statt Kanowsky.
- 223. - 7. v. o. l. dieser Planet statt sie.
- 224. - 1. v. u. l. und nach den auf früheren Schätzungen beruhenden Werthen ist Pallas.
- 226. - 17. v. u. l. 8′ statt 8″.
- 231. - 12. v. o. l. zum Mittelpunct statt zur Peripherie.
- 231. - 16. v. u. l. Abplattung statt Dichtigkeit.
- 241. - 2. v. o. l. geocentrischen statt geometrischen.
- 246. bis S. 256. sind die Seitenzahlen zu berichtigen, 346 in 246 u. s. w.
- 247. Z. 4. v. o. l. Perijovien statt Prinzipien.
- 256. - 10. v. o. l. Verdickungen statt Verdeckungen.
- 263. - 17. v. o. l. $^1/_3$ statt $^{10}/_3$.
- 266. - 3. v. u. l. Pound statt Poura.
- 271. - 17. v. o. l. grössere statt grösse.
- 278. - 3. v. o. l. Steinheil statt Steinheibel.
- 291. - 10. v. o. ist erlangt, zu streichen und nach Z. 15. statt gelangt, zu setzen
- 303. - 9. v. o .l. Lubie- statt Labie-.
- 306. - 10. v. u. l. Lubienitzky.
- 321. - 17. v. o. l. Hagecius statt Hagacius.
- 325. - 1. v. o. l. Struyk st. Strugk.
- 326. - 8. v. u. l. Kirch statt Kinch.
- 328. - 17. v. o. l. Pondichery.
- 329. - 14. v. u. l. Nismes statt Mismes.
- 330. - 18. v. o. l. Daussy statt Dausey.
- 330. - 24. v. o. l. Clausen statt Claucen.
- 332. - 13. v. u. l. Messier statt Bessier.
- 333. - 11. v. u. l. Pondichery.
- 333. - 6. v. u. l. Dumouchel's.
- 335. - 10. und 13. v. o. l. Maskelyne statt Markelque.
- 362. - 4. v. o. l. i′ statt i,.
- 362. - 17. v. o. l. n. 62. p. 318.

Weidlésche Buchdruckerei in Berlin.

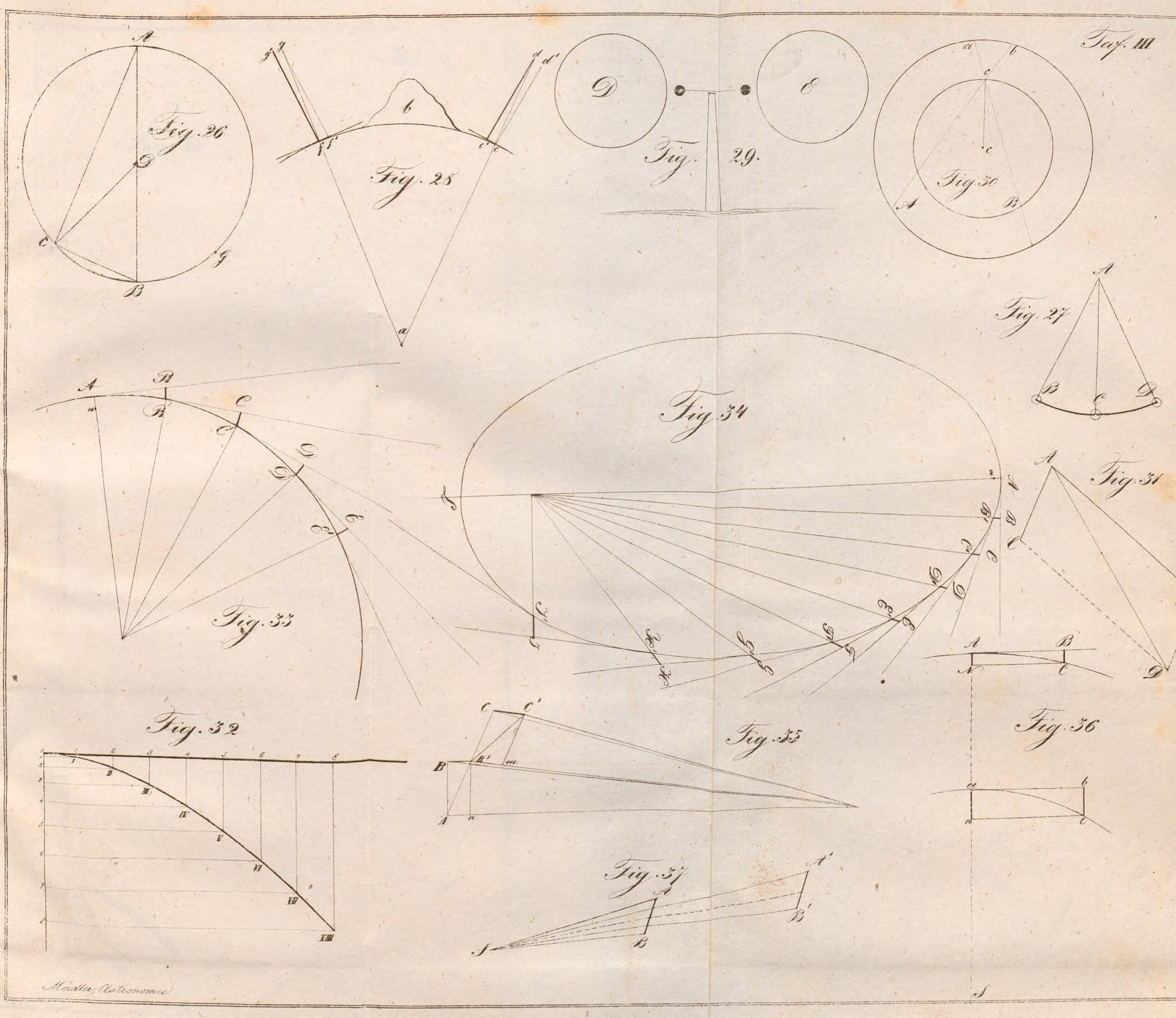


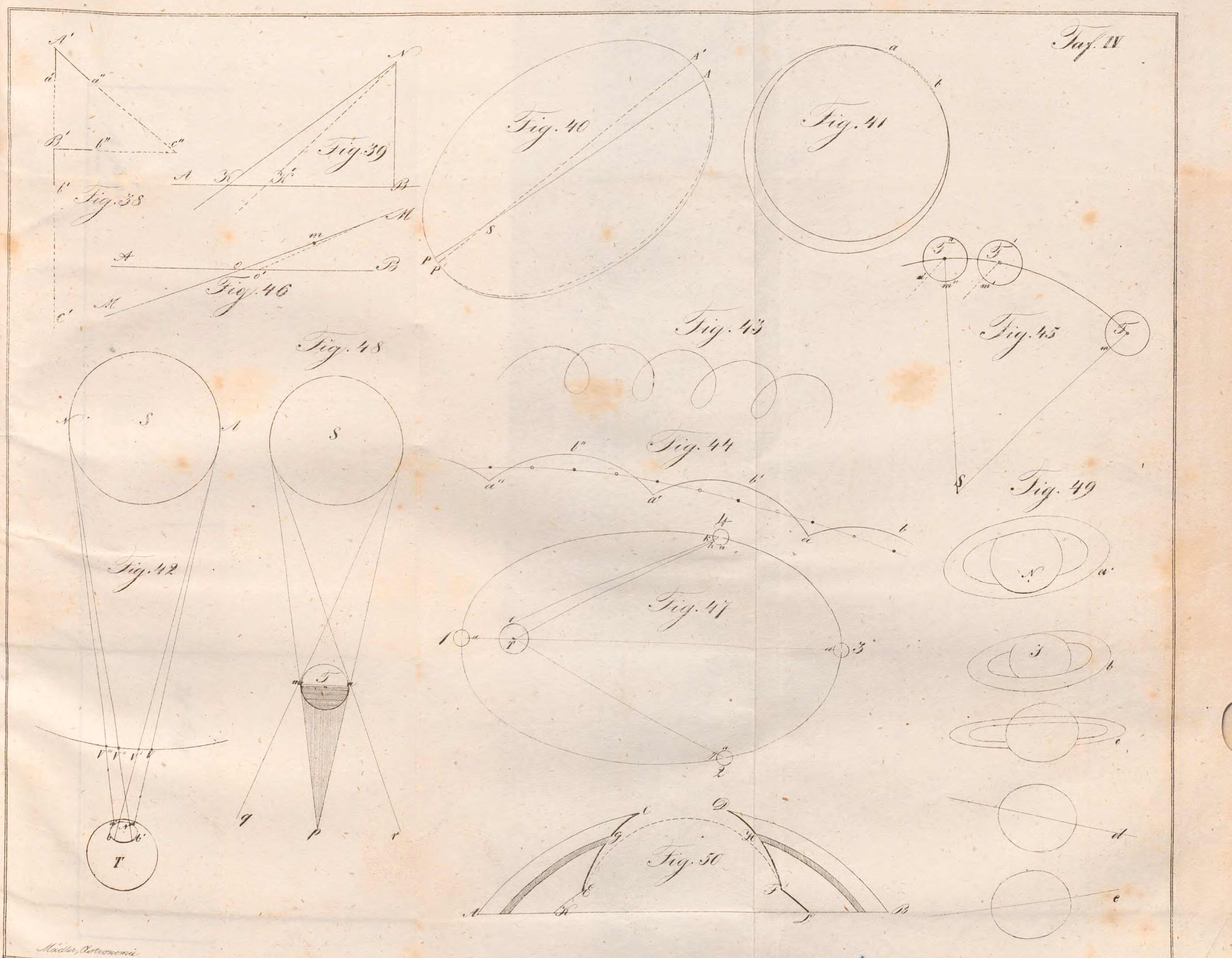
Mädler, Astronomie.

Taf. II



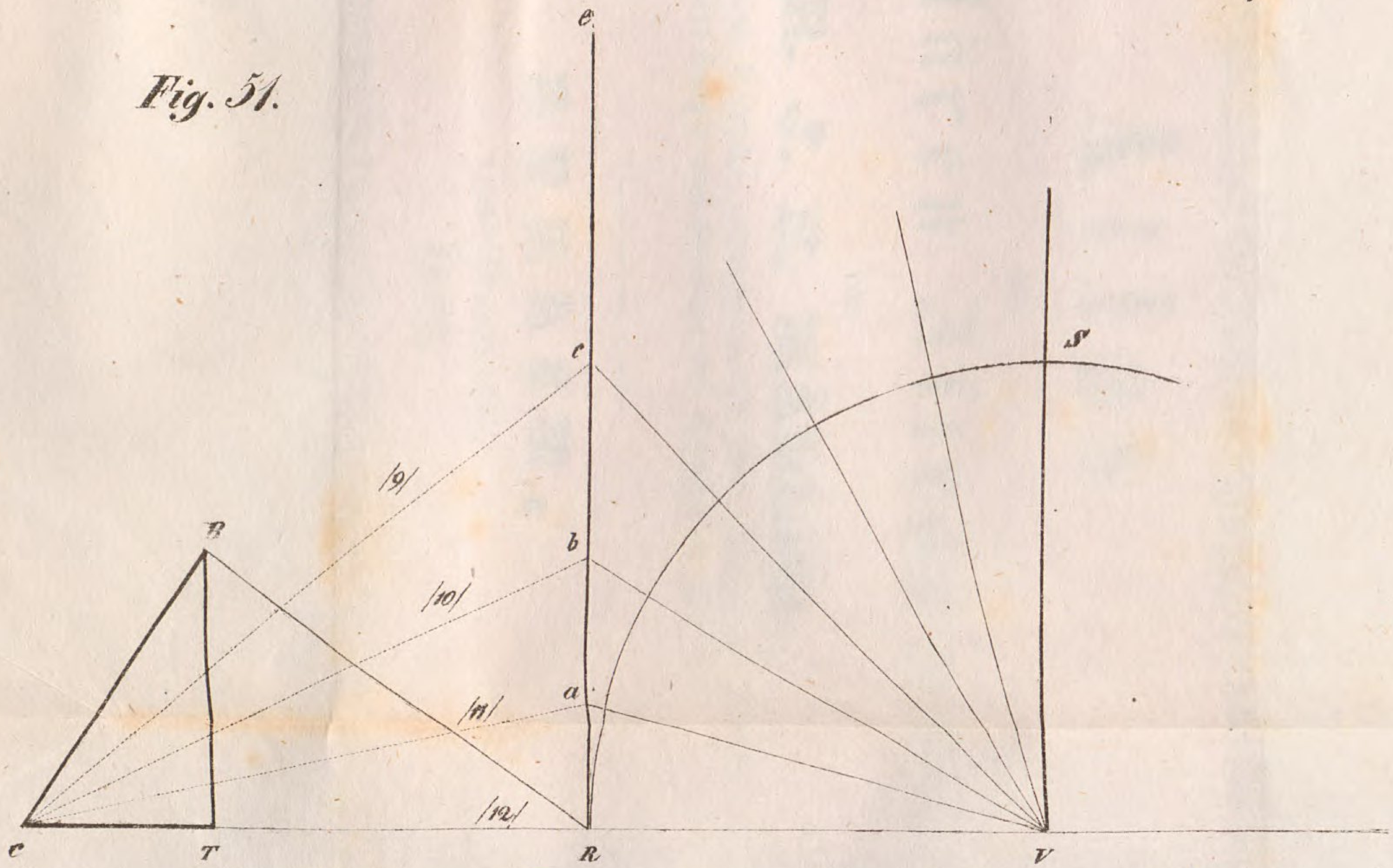
Mädler Astronomie


Taf. III
Fig. 26
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 30
Fig. 27
Fig. 34
Fig. 31
Fig. 33
Fig. 32
Fig. 35
Fig. 36
Fig. 37
Mädler, Astronomie


Taf. IV
Fig. 38
Fig. 39
Fig. 40
Fig. 41
Fig. 42
Fig. 43
Fig. 44
Fig. 45
Fig. 46
Fig. 47
Fig. 48
Fig. 49
Fig. 50
Mädler, Astronomie

Taf. V

Fig. 51.



Bayerische
Staats-
Bibliothek
München

Atlas

zur

Populären Astronomie

von

DR. J. H. MÄDLER,

Kaiserlich Russischem Hofrathe, ordentlichem Professor der Astronomie an der Universität Dorpat und Direktor der Sternwarte daselbst.

BERLIN,

Carl Heymann.

1842.

Erläuterungen zum Atlasse.

Tab. I.

Die beiden Marshemisphären und Jupiter.

In dieser Dartellung ist der Versuch gemacht worden, die in den Oppositionen von 1830 — 1839 auf der Oberfläche des Mars von Herrn *W. Beer* und mir beobachteten Flecke zu einer allgemeinen Karte der Marskugel zusammenzusetzen. Es hatte sich nämlich aus der Vergleichung der besseren Darstellungen dieser verschiedenen Jahre die Ueberzeugung ergeben, dass die Flecke in der Hauptsache unveränderlich seien. Es konnte daher unter Zuziehung der ermittelten Rotationsperiode und der bereits von *Herschel* bestimmten Lage der Marsaxe der Versuch gemacht werden, sie nach ihrer areographischen (auf die Marskugel bezogenen) Länge und Breite darzustellen. Auf den beiden als Nord- und Südhalbkugel bezeichneten Kreisflächen liegen daher die Pole in der Mitte, und die sie umgebenden Kreise sind 60° Br., 30° Br. und Aequator, die beiden punktirten Kreise auf der Südhalbkugel bezeichnen die Ausdehnung des weissen Flecks 1830 (als er in seinem Sommer) und 1837 (als er in seinem Winter stand). Auf der Nordhalbkugel ist der weisse Fleck durch die schwarze Zone, die ganz nach den Beobachtungen von 1837 dargestellt ist, hinreichend begrenzt. Die übrigen auf der Südhalbkugel befindlichen schwarzen Flecke sind die von 1830, welche zum grössern Theile 1832, und einigermassen auch 1837 und 1839 wieder erschienen; die Nordhalbkugel ist nur zum geringern Theile nach 1830, meistens nach 1837 dargestellt. Durch den mit *a* bezeichneten Fleck ist der erste Meridian gelegt und von hier ab von 30° zu 30° herumgezählt, wodurch die Längengrade erhalten worden sind. — Die Punktirung bei *d* begrenzt eine röthliche Zone, die einzige, welche 1830 gesehen ward. Um die Flecke, welche vom Aequator durchschnitten werden, im Zusammenhange übersehen zu können, sind die jenseitigen Grenzen derselben durch punktirte, über den Aequator hinausreichende Linien angedeutet.

Man sieht aus dieser Zeichnung, verglichen mit dem, was in §. 124 — 127. der Astronomie ausführlicher gesagt worden, dass die weissen Flecke an den Polen sowohl ihrer Farbe, als auch ihren von den Jahreszeiten abhängenden Veränderungen nach mit den Schneeregionen, welche die Erdpole umgeben, verglichen werden können, und es ist daher höchst wahrscheinlich, dass dort dasselbe meteorologische Phänomen der Erscheinung zum Grunde liege. Wenn man eine Schneebedeckung der Marspole annimmt, so wird man auch ein Wasser in tropfbarer, wie in Dunstgestalt annehmen müssen, und folglich zu dem Schlusse gelangen, dass die den Mars umhüllende Atmosphäre der der Erde ähnlich sei. In den schwärzlichen Flecken wird man demnach geneigt sein, entweder Meere oder Theile des Landes, die das Licht schwächer zurückwerfen, zu vermuthen; wahrscheinlich findet Beides Statt, da die Flecke so sehr verschieden an Intensität, wie an Schärfe der Begrenzung gefunden werden. Dass die den Nordpol umgebende schwärzliche Zone 1837 viel dunkler, breiter und ununterbrochener als 1839 erschien, hat seinen Grund vielleicht darin, dass diese Gegenden 1837 von eben schmelzendem oder bereits aufgelöstem, aber noch nicht abgetrocknetem Schnee bedeckt waren (die Jahreszeit stimmt mit der unsrigen, Anfang Mai, zusammen), während 1839, in einer unserm Juni und Juli correspondirenden Jahreszeit, der Boden bereits grösstentheils abgetrocknet und folglich fähiger war, das Sonnenlicht zurückzuwerfen.

Die fünf Darstellungen des Jupiter stellen denselben in folgenden Zeitmomenten vor:

1.	1834	Dec.	23.	$0^h 17' 45''$	Sternzeit Berlin.
2.	„	„	„	0 55 0	„ „
3.	1835	Jan.	2.	23 55 0	„ „
4.	1836	„	16.	4 50 0	„ „
5.	„	„	17.	6 0 0	„ „

Die Rotation Jupiters ist nach den §. 133. angeführten Beobachtungen $9^h 55' 26'',56$, woraus man abnehmen kann, dass schon nach 5 — 10 Minuten die Flecke eine Verschiedenheit der Lage bemerklich machen können. Die beiden schwärzlichen Flecke, welche sich in den 3 ersten Zeichnungen wiederholen, sind die, welche zur Bestimmung der obigen Rotationsperiode dienten. Der Grund der merklich abgeplatteten Scheibe ist gelb, und zwar gegen die Mitte hin heller und reiner als in N. und S. Auf diesem gelben Grunde ziehen schwärzliche oder bräunliche Streifen hin, von denen man in der Regel zwei auf den ersten Blick, und bei einiger Aufmerksamkeit in guten Ferngläsern noch mehrere bemerkt. Diese Streifen sind indess nicht constant, wie die Flecke des Mars, obwohl die Veränderungen viel langsamer vor sich gehen, als die unsrer Wolken. Im Laufe der Beobachtungen verändern sie sich so, dass man nach einer Unterbrechung von 2 — 3 Monaten, wie die Conjunctionen des Planeten mit der Sonne sie veranlassen, gewöhnlich nicht dieselben Streifen wieder findet. Die erwähnten beiden schwärzlichen Flecke z. B. waren vom 4. Nov. 1834 (wo unsre Beobachtungen derselben begannen) bis zum 18. April 1835 gut sichtbar, allein der Streifen, auf welchem sie standen, verschwand allmählich im Laufe des Februars; und als im Anfang August 1835 Jupiter wieder beobachtet werden konnte, war nichts von den Flecken zu sehen.

Eben so sind auch die Streifen, welche im Januar 1836 (Fig. 4. und 5.) erschienen, ganz andre als die, welche ein Jahr früher beobachtet wurden; sie sind beträchtlich schmäler, liegen einander näher, und weiter gegen S. als die in den 3 ersten Figuren. 4 und 5 stellen übrigens 2 verschiedne Seiten der Kugel dar.

Näher dem Ost- oder Westrande zu werden die Streifen matt und unkenntlich; an den Rändern selbst sind sie nicht mehr wahrzunehmen. Nach dem Nord- und Südrande hin erblickt man dagegen eine trübe Schattirung, aus Grau und Gelb gemischt; in starken Fernröhren bemerkt man, dass es ebenfalls aus sehr kleinen und einander sehr nahen Streifen besteht, die man zuletzt nicht mehr einzeln unterscheiden kann. Die Lage dieser Streifen ist nicht durchaus parallel dem Jupitersäquator, wiewohl die Abweichungen nur unbeträchtlich sind.

Wenn sich zuweilen auf der Scheibe ganz schwarze, kreisförmige, scharf begrenzte Flecke zeigen, so rühren diese von den Trabanten her, die ihren Schatten auf Jupiter werfen. Diese unterscheiden sich auch durch ihre Bewegung sehr bald von denen, welche der Oberfläche (oder der diese umhüllenden Atmosphäre) des Jupiter angehören.

Tab. II.

Venus. Mondlandschaft *Schröter*.

Die 18 Umrissfiguren der Venus, welche hier gegeben sind, stellen dieselbe vor ihrer untern Conjunction, wie sie 1833 und 1836 erschien, nach unsern Beobachtungen dar. Sie beziehen sich auf die folgenden Momente, die sämmtlich in den vollen Tag, einige auch in die helle Dämmerung fallen.

1.	1833	März	21.	$7^h\,29'$	Mittlere Berliner Zeit.
2.	„	„	„	7 39	„ „ „
3.	„	„	25.	5 14	„ „ „
4.	„	„	„	5 43	„ „ „
5.	„	„	26.	5 17	„ „ „
6.	„	„	„	5 35	„ „ „
7.	„	„	29.	5 8	„ „ „
8.	„	„	„	5 21	„ „ „
9.	„	April	5.	4 49	„ „ „
10.	„	„	6.	5 42—$5^h\,52'$	„ „ „
11.	1836.	„	7.	7 20	„ „ „
12.	„	„	20.	6 1	„ „ „
13.	„	Mai	4.	6 17	„ „ „
14.	„	„	14.	5 30	„ „ „
15.	„	„	18.	7 18	„ „ „
16.	„	„	18.	23 45	„ „ „
17.	„	„	20.	4 43—$4^h\,50'$	„ „ „
18.	„	Juni	10.	6 47	„ „ „

In diesen Figuren, die eine Auswahl aus vielen andern ähnlichen sind, zeigt sich nicht die reine elliptische Gestalt, wie eine mathematische, unter irgend einem Winkel seitwärts beleuchtete Kugel an der innern Lichtgrenze zeigen muss, sondern Abweichungen verschiedner Art werden bemerkbar. Insbesondere zeigt sich die Krümmung und Zuspitzung der Hörner sehr verschieden. An dieser Verschiedenheit können nun zwar die atmosphärischen Veränderungen auf unsrer Erde Antheil haben, doch nur insofern beide Hörner der Venus auf gleiche Weise davon afficirt werden. Wenn aber, wie dies z. B. in der 13. und 17. Figur höchst augenfällig ist, das nördliche Horn ein ganz verschiedenes Verhalten, verglichen mit dem südlichen, zeigt, so kann die Ursach nur in der Venus zu suchen sein. Gebirgsartige Ungleichheiten, wenn sie sich auf Venus vorfinden, müssen, ähnlich wie bei unserm Monde, eine Ungleichheit der Horngestalt erzeugen, und man kann daher mit Wahrscheinlichkeit auf solche schliessen: zugleich scheint es, dass auch hier, wie es beim Monde ausser Zweifel ist, um den Südpol herum grössere und häufigere Unebenheiten als um den Nordpol sich finden.

Der Umstand, dass die Veränderungen dieser Horngestalt sehr rasch, oft schon nach 5 bis 10 Minuten merklich, vor sich gingen, verbunden mit der Wahrnehmung, dass sich dieselbe oder eine sehr ähnliche Figur nach etwa 23¼ Stunden wiederholte, führte uns zu dem Schlusse, dass *Cassini's* Rotationsperiode ($23^h\,15'$) vor der *Bianchini*'schen (584^h) den Vorzug verdiene. Zur Gewissheit konnten wir diesen seit länger als einem Jahrhundert streitigen Punkt nicht erheben, da es uns nicht gelungen war, Flecke auf der Venus wahrzunehmen. Dies ist jedoch, den neuesten Nachrichten aus Rom zufolge, dem Direktor der Sternwarte des Collegio Romano, Herrn *P. de Vico*, und seinen Gehülfen gelungen. In dem trefflichen italienischen Klima erlaubte die Durchsichtigkeit und die Ruhe der Atmosphäre, die höchst schwachen Flecke auf der Venusscheibe wahrzunehmen und wiederholt zu messen. Bereits sind mehrere tausend Messungen ausgeführt, und wir sehen den Resultaten dieser höchst wichtigen Arbeit binnen Kurzem entgegen; vorläufig indess geht daraus hervor, dass die *Bianchini*'sche Periode gänzlich zu beseitigen sei, da sie nur auf einem Missverstand des Gesehenen beruht. Wie nahe die *Cassini*'sche Periode von der wahren noch abweiche, müssen die definitiven Resultate lehren, im Allgemeinen aber ist sie durch *de Vico's* Wahrnehmungen bereits bestätigt, und dieser lange Streit hiermit geendet. Es steht nunmehr fest, dass die 4 untern Planeten Mercur, Venus, Erde, Mars nahe die gleiche Rotationszeit haben und also auch in dieser Beziehung eine zusammengehörende Gruppe bilden.

Auf eben dieser Tafel findet sich ein Theil der Mondlandschaft *Schröter*, einer kleinen, durch die Gestaltung ihrer Höhen merkwürdigen Hügellandschaft. Dieser Theil erstreckt sich von *a* bis *ε* und *C* gegen 16 geogr. Meilen. Die Erhöhungen sind sämmtlich sehr mässig, steile Böschungen kommen nur im Innern der kleinen Crater vor, deren sich auch hier mehrere finden. Der höchste Berg *Γ* in der Mitte der Landschaft hat 2340 Fuss Höhe; von den übrigen Bergen mögen die höchsten etwa halb so hoch, und die geringsten, uns hier noch sichtbaren, kaum auf 100 Fuss senkrechter Erhebung sich erstrecken. An mehreren Stellen bemerkt man eine auf den ersten Anblick überraschende Regelmässigkeit und Parallelität der Hügelketten, die indess auch auf der Erde keinesweges ohne Beispiel ist. Die auffallendste Uebereinstimmung zeigen die mit *b*, *d*, *e*, *f*, *g* bezeichneten Kesselthäler, welche durch Querjoche von gleicher Höhe und in nahe gleichem Abstande geschieden, und in *O* und *W* von zwei parallelen Ketten gemeinschaftlich begrenzt, in schräger Beleuchtung fast das Ansehen einer von der Seite betrachteten Leiter darbieten. Alsdann sind nämlich die untern Theile der Bergrücken, welche mehrfache Aus- und Einbiegungen bilden, gleich den Thälern, selbst mit Schatten bedeckt, und man sieht nur die schmalen, fast geradlinigten Rücken als Lichtlinien, was die Täuschung befördert. Diese 5 Thäler mögen jedes 1½ — 3 Meilen lang und ½ — ¾ breit sein; auch bedarf es eines stark vergrössernden Fernrohrs, sie zu erblicken, was überhaupt nur etwa einen Tag nach dem ersten und zur Zeit des letzten Viertels möglich ist.

Hier war es, wo Herr *v. Gruithuysen* in München im J. 1821 ein System künstlicher Wälle entdeckt zu haben glaubte und in ihnen Befestigungen und Wohnplätze der Seleniten sah. Er hatte indess keine genaue Bezeichnung des Ortes gegeben, und so war es weder *Lohrmann* 1823, noch auch Herrn *W. Beer* und mir gelungen, dieses vielbesprochene Wallwerk aufzufinden, und was unsre Karten an dieser Stelle geben, konnte nicht detaillirt genug sein, um eine genaue Vergleichung zuzulassen. Endlich gelang es am 2. Mai 1838, diese Gegend im grossen Refraktor der Königl. Sternwarte zu Berlin so zu erblicken, wie sie hier dargestellt ist. Man wird sich leicht überzeugen, dass keine Veranlassung gegeben ist, an künstliche Wälle zu denken. Es lassen sich auf dem Monde an mehreren Stellen solche, dem Anscheine nach, sehr regelmässige Gebilde nachweisen, die aber bei schärferer Untersuchung zeigen, dass sie um nichts regelmässiger sind, als manche natürliche Gebilde auf unsrer Erde, die, wenn wir sie aus so grossen Fernen betrachten könnten, viel mehr Uebereinstimmung und Symmetrie der Theile zeigen würden, als wir jetzt an ihnen wahrnehmen.

Tab. III.

Umgegend des Mond-Nordpols.

Auf dieser Tafel ist in zwei zusammenhängenden Abschnitten diejenige Gegend des Mondes, welche den Nordpol zunächst umgiebt, nach meinen im J. 1834 ausgeführten Zeichnungen und Messungen dargestellt. Wie in dem betreffenden Abschnitte bemerkt worden, sehen wir vom Monde stets nur eine Seite, und von der andern nur zuweilen einige Mondlandschaften in sehr schräger Projection, was von der jedesmaligen Libration abhängt. In gegenwärtiger Zeichnung ist nun die günstigste Libration gewählt, um so viel als möglich von der jenseitigen Halbkugel noch mitzunehmen und die dargestellten Landschaften möglichst wenig zu verkürzen. Den Massstab dieser perspectivischen Verkürzung geben am direktesten die elliptisch erscheinenden, in der Wirklichkeit aber fast sämmtlich kreisförmigen Wallgebirge. So sind die namentlich aufgeführten Scoresby, Gioja und Euctemon auf ein Drittel bis ein Fünftel nach der auf den Rand senkrechten Richtung verkürzt.

Die Lage des Nordpols ist hier bezeichnet; die übrige Darstellung reicht westlich etwa 10° (41 geogr. Meilen), östlich 14° (57 M.) weit. Scoresby liegt 13½° vom Pole, und die am äussersten Rande dargestellten, der jenseitigen Halbkugel angehörenden Landschaften reichen etwa 6° über den Pol hinaus. Der Charakter dieser Landschaft zeigt nichts besonders Eigenthümliches, wenn man sie mit den übrigen Mondgegenden vergleicht. Man erblickt grosse Ringwälle, zum Theil mit Centralbergen, steil nach Innen, sanfter und allmählicher nach Aussen abfallend, und untereinander durch Bergzüge der verschiedensten Richtung und Höhe verbunden. Die Farbe dieser Gegenden ist fast durchweg sehr hell, wie denn überhaupt die Randlandschaften zu den hellsten der Mondfläche gehören, ausser an den Stellen, wo eine graue Marefläche sich bis an den äussersten Rand erstreckt. Es ist deshalb hier überflüssig gehalten worden, sie besonders durch Punkte hervorzuheben, welche der Terrainveränderung nachtheilig gewesen wären. Die eigentlichen *Schatten*, welche von den Berggipfeln in die Thäler und Ebenen, wie in das Innere der Ringgebirge fallen, gehören nicht in eine Darstellung der Mondoberfläche, *wie sie ist*.

Zwischen den Berg- und Hügellandschaften zeigen sich auch Ebenen von nicht unbeträchtlicher Ausdehnung. So ist die, welche sich zwischen Gioja und der mit α bezeichneten Bergkette hinzieht, von O. nach W. etwa 20 Meilen, von S. nach N. aber gegen 30 Meilen gross, obwohl die letztere Dimension, der perspectivischen Verkürzung wegen, hier als die kleinere erscheint. Eine zweite von ähnlicher Grösse ist die, in welcher der Pol selbst liegt, und die von den beiden Bergketten α und β begrenzt wird. Nur eine sehr unbedeutende Hügelkette unterbricht sie. Der Pol liegt (so weit die Genauigkeit der Messungen es zu beurtheilen gestattet) am Fusse des hohen Berges β, der schon der jenseitigen Halbkugel angehört. Dieser Berg konnte nicht gemessen werden; von einigen andern ist ein Versuch gemacht, obgleich es sehr schwierig ist, hier Schatten wahrzunehmen. Es findet sich

für α zwischen Gioja und dem Pole	8850	Fuss	Höhe,
„ δ westlich vom Pole	7750	„	„
„ ο nördlich von Anaxagoras	6510	„	„
„ γ östlich bei Euctemon	7950	„	„
„ β im Euctemon	10500	„	„

Angaben, denen zwar keine grosse Genauigkeit beizumessen ist, die indessen doch eine allgemeine Vorstellung von der Höhe der den Nordpol umgebenden Gebirge verschaffen können. Aus dieser Lage und Höhe der Gebirge, verbunden mit der Stellung der Mondaxe, lässt sich der Schluss ziehen, dass in den Ebenen und Thälern der äussersten Polargegend eine *beständige Dämmerung*, und auf den Höhen selbst ein *ewiger Sonnenschein* herrscht.

Tab. IV.

Mondlandschaft Fracastor und südlicher Theil des Mare Nectaris.

Fracastor ist ein Beispiel eines an einer Seite geöffneten Ringgebirges, deren sich mehrere von verschiedener Grösse auf der Mondfläche finden und das Ansehen eines Meerbusens haben, da die offne Seite stets gegen ein sogenanntes Mare gerichtet ist. Wie es hier dargestellt ist, habe ich es im grossen Refractor der Dorpater Sternwarte, welcher in seinen Dimensionen dem Berliner gleich ist, am 21. Dec. 1840 und an einigen andern Abenden erhalten. Man erblickt an der scheinbar offnen Seite gleichwohl einen wenig unterbrochenen Hügelzug, der sich in der Mitte zu einem etwa 800 F. hohen Berge erhebt. Das Ringgebirge, aus einer Menge einzelner labyrinthisch durcheinander streichender Bergzüge bestehend, ist in seinem höchsten westlichen Gipfel gegen 8000, sonst im Durchschnitt 5000 F. hoch, von mehreren Cratern unterbrochen und steil gegen das Innere abfallend. Dieses ist gleichfalls nicht eben, wie der erste Anblick vermuthen lässt, vielmehr mit einer Menge flacher Hügel und beulenförmiger Erhebungen besetzt, auch einige schwach vertiefte Crater zeigen sich hier.

Tab. V.

Mondlandschaft Gassendi.

Im südöstlichen Theile des Mondes gelegen, kreisförmig, nur hier in einer mässigen perspectivischen Verkürzung erscheinend, wie ich sie an drei Abenden des Februar und März 1841 gezeichnet habe. Besonders am ersten Abend, des 2. Februar, zeigte sich diese Landschaft bei 16 Grad *R.* Kälte in prachtvoller Deutlichkeit, so dass ich zwischen 4¾ und 11½ Uhr den grössten Theil derselben messen und zeichnen konnte. An den beiden andern Abenden sind nur die damals im Schatten liegenden Abhänge und Flächen nachgetragen worden. Sie hat im Durchmesser etwa 13 Meilen, ungerechnet das kleinere, aber beträchtlich tiefe Ringgebirg, was nördlich an Gassendi grenzt. Besonders merkwürdig sind 14 Rillen in seinem Innern, welche die Mitte und den westlichen Theil durchziehen und, mit Ausnahme von 3 oder 4, sehr schwer zu sehen sind. (In Berlin habe ich keine derselben wahrgenommen und überhaupt hier nie Rillen vermuthet.) Nächstdem zeigen sich in der Fläche über 100 Berge und Bergrücken, die meisten sanft und niedrig; einige, die dem Ringgebirg näher liegen, steiler, aber sehr schmal. Das Centralgebirg, aus acht Bergköpfen bestehend und gegen 2000 Fuss hoch, überragt sie alle, wird aber selbst vom Ringgebirg weit übertroffen, das an einigen Punkten des westlichen und östlichen Randes gegen 8000 F. emporsteigt und im Ganzen zwischen 3500 und 5000 F. sich hält. Nur im Süden ist ein etwa 6 Meilen langer Zug sehr schwach und stellenweis noch unter 600 F. hoch, auch beträchtlich schmäler als das Uebrige und einfach fortstreichend. Mit dieser Seite grenzt Gassendi an das Mare Humorum, eine grünliche, fast ganz ebene, gegen die umliegenden Landschaften stark vertiefte Fläche, und nördlich öffnet es sich gegen ein etwa 4 Meilen im Durchmesser haltendes, aber äusserst steiles und mehr als 10000 Fuss abstürzendes Ringgebirg.

Tab. VI. — IX.

Der gestirnte Himmel.

In 4 Blättern.

Es sind hier die im nördlichen Deutschland bequem sichtbaren Gestirne dargestellt. Das erste (Mittel-) Blatt enthält die Sterne vom Pol bis zum 30° der nördlichen Breite, und an diese kreisförmige Darstellung schliessen sich 3 Blätter, zonenartig entworfen, jedes 8 Sternstunden (120 Grad) enthaltend und von + 30° bis — 30° reichend. Die gewöhnlichen *Sternbilder* sind weggelassen, da sie die klare Uebersicht und Vergleichung mit dem Himmel nur erschweren und zum bequemen Auffinden gar nichts beitragen; dagegen sind die *Namen* der Sternbilder, ihre *Grenzen* und die Namen der vorzüglichsten Sterne angegeben. Die Sterngrössen sind blos durch kleine schwarze Kreise angegeben, und die, welche durch einen Buchstaben bezeichnet sind, durch diesen noch besonders hervorgehoben. Das Gradnetz ist das des Aequators und Pols, die Ekliptik ist angegeben, nicht aber ihre Parallelkreise. Nebelflecke und Sternhäufchen sind durch kleine punktirte Flächen angedeutet.

Die Gestirne des mittleren Blattes, in dessen Centro der Pol und nahe bei ihm die Polarsterne stehen, enthält alle diejenigen Sterne, welche für Berlin und Mitteleuropa überhaupt nicht untergehen, und reicht noch etwas über diese Gegend hinaus. Man wird am besten damit anfangen, wenn man die Gestirne kennen zu lernen beabsichtigt. Man merke sich vor Allem die 7 hellen Sterne des grossen Bären, die 5 der Cassiopeja, nebst den beiden Sternen erster Grösse Capella und Wega. Diese 4 Gestirne umgeben fast symmetrisch den Pol, und mit ihrer Hülfe lernt man auch die zwischenliegenden Gestirne des Drachen, Cepheus, Schwan, Herkules, Andromeda, Perseus u. s. w. kennen. Die übrigen auf- und untergehenden Sterne kann man nicht alle in jeder Nacht, sondern nur nach und nach im Laufe des Jahres wahrnehmen. Welche Gestirne man in jeder Nacht zu sehen bekomme, kann man im Allgemeinen aus folgender Tafel abnehmen.

Am 21. Sept.	culminiren die Sterne	von	0^h AR.	um	Mitternacht.
„ 21. Oct.	„ „	„	„ 2	„	„
„ 21. Nov.	„ „	„	„ 4	„	„
„ 21. Dec.	„ „	„	„ 6	„	„
„ 21. Jan.	„ „	„	„ 8	„	„
„ 20. Febr.	„ „	„	„ 10	„	„
„ 22. März	„ „	„	„ 12	„	„
„ 22. April	„ „	„	„ 14	„	„
„ 22. Mai	„ „	„	„ 16	„	„
„ 22. Juni	„ „	„	„ 18	„	„
„ 22. Juli	„ „	„	„ 20	„	„
„ 21. August	„ „	„	„ 22	„	„

Je weiter südlich vom Aequator ein Gestirn steht, desto mehr muss man die Culmination desselben beachten, da die südlichsten, überhaupt noch sichtbaren, es nur in der Culmination sind. Die Sterne des Scorpions und Schützen, so wie die südlichsten des Ophiuchus, sind nur in den Mitternächten des Sommers sichtbar; die nördlich vom Aequator liegenden Gestirne können um die Zeit ihrer Mitternachtsculmination die ganze Nacht hindurch wahrgenommen werden.

Tab. X.

Hauptregion der Nebelflecke.

Durch die beiden *Herschel*, Vater und Sohn, haben wir über 2000 dieser merkwürdigen Körper des Firmaments kennen gelernt. Allein sie zeigen sich am Himmel höchst ungleich vertheilt; während grosse Räume, deren einige wohl $\frac{1}{30}$ des gesammten Himmels umfassen, ganz leer von ihnen sind, zeigen sie sich in andern Gegenden so dicht gedrängt, dass auf einen Raum von 1° Länge und 1° Breite ($\frac{1}{41000}$ des Himmels) deren mehrere kommen. Der dichteste, im Sternbilde der Jungfrau sich zeigende Nebelfleckshaufen ist auf diesem Blatte dargestellt, das sich von 183° 57′ bis 189° 24′ der geraden Aufsteigung und + 11° 54′ bis + 14° 40′ der Abweichung erstreckt. So weit es möglich war, sind die Nebelflecke nach ihrer Ausdehnung, Gestalt und Lichtstärke gegeben. Die meisten zeigen nach der Mitte zu eine Verdichtung, oft eine sternförmige, nur wenige sind auflösbar, was durch Punktirung des Grundes angedeutet ist. Man findet hier mehrere Doppelnebel, d. h. solche, die durch ihr nahes Zusammenstehen und sonstige Uebereinstimmung auf eine engere physische Verbindung zu deuten scheinen und so ein Analogon der Doppelsterne bilden. Einige sind lichtstark genug, um in günstigen Nächten (die Mitternächte des April sind für diese Gegend am meisten geeignet) schon mit mässigen Ferngläsern von 3 — 4 Zoll Apertur wahrgenommen werden zu können; doch erreicht keiner den Glanz der stärksten, wie Orion's und Andromeda's Nebelflecke ihn zeigen. Durch scharfe schwarze Punkte sind die grösstentheils teleskopischen Sterne angedeutet, die sich zwischen ihnen befinden.

Nur wenige Nebelflecke zeigen eine scharfe Begrenzung; von den auf diesem Blatte befindlichen kein einziger. *Herschel* bezeichnet die scharf begrenzten, grösstentheils kreisförmigen oder sehr mässig elliptischen Nebelflecke als planetarische, nicht als ob wirklich etwas Planetenartiges in ihnen zu vermuthen sei, sondern nur, weil sie, dem äussern Ansehen nach, einem schwach erleuchteten Planeten am nächsten kommen.

Tab. XI.

Doppelsternbahnen.

In dem Abschnitt über Doppelsterne sind diejenigen, bei welchen der Begleiter eine um den Hauptstern kreisende Bewegung zeigt, angemerkt, und von einigen derselben ein Versuch, die Bahn zu bestimmen, gegeben worden. Auf gegenwärtigem Blatte sind nun 11 dieser Doppelsterne, unter denen ein dreifacher, dargestellt. Bei vieren derselben ist die scheinbare und die daraus berechnete wahre Bahn angegeben; bei 7 andern nur die erstere, da der zurückgelegte Theil derselben noch nicht hinreicht, die wahre Bahn daraus abzuleiten.

Der erste ist Castor oder α Geminorum, einer der glänzendsten Doppelsterne unseres nördlichen Himmels. Seine gegenwärtige scheinbare und wahre Position zeigt die Zeichnung. Der Begleiter wird gegen ein halbes Jahrhundert lang in nahe gleicher (scheinbarer) Entfernung um seinen Hauptstern kreisen und sich dann rascher ihm nähern, bis er etwa im J. 1913 sein scheinbares und wahres Perihel erreicht. Doch ist diese Bahn eine von denen, die noch grosse Zweifel zulassen, da die älteren, vor *Herschel I.* gemachten Beobachtungen sehr ungenau zu sein scheinen und die seit 60 Jahren gemachten wohl noch nicht mehr als $\frac{1}{4}$ der Bahn umfassen.

η Coronae. Die beiden einander scheinbar äusserst nahe stehenden Sterne dieses Systems vollenden ihre gegenseitige Bahn in etwa 43 Jahren. Sie ist indess hier als einseitige und der Hauptstern als ruhend dargestellt, wie man in allen ähnlichen Fällen verfährt. Die scheinbare Distanz wird sie in den nächsten Jahren etwas von einander entfernen, während sie in der wahren einander näher kommen; nach 1853 aber rücken sie auch scheinbar wieder zusammen, und dann wird es sehr schwierig werden, sie selbst in den stärksten Ferngläsern als Doppelstern wahrzunehmen.

γ Virginis. Dieser merkwürdige Doppelstern besteht aus 2 Sternen der dritten Grösse, die an Glanz sehr nahe gleich sind, und wechselsweise einander etwas zu übertreffen scheinen. Vor 120 Jahren standen sie noch so weit auseinander, dass *Cassini* bei einer Bedeckung dieser Sterne durch den Mond die Momente bequem einzeln wahrnehmen, und daraus ihren Abstand und Richtungswinkel bestimmen konnte. Seit dieser Zeit sind sie einander jedoch so nahe gerückt, dass 1835 schon die stärksten Ferngläser ihn kaum noch doppelt und 1836 wirklich nur länglicht zeigten. Jetzt stehen sie wieder gegen 1″,7 auseinander und werden sich bis in den Anfang des künftigen Jahrhunderts hinein immer mehr von einander entfernen. Die wahre Bahn ist von der scheinbaren nicht sehr verschieden.

p Ophiuchi. Ein Stern sechster Grösse, um einen der vierten kreisend. Die Periode scheint 80 oder 81 Jahre zu sein. Wie die meisten Doppelsternbahnen, ist sie ziemlich excentrisch, doch die wahre weniger als die scheinbare. *Herschel* fand im J. 1779 seine Richtung mit der des Parallels übereinstimmend, jetzt ist sie nach Vollendung fast eines Umlaufs noch 35 Grad von derselben entfernt und nähert sich ihr allmählich wieder, so dass seit dieser Zeit der Stern den grössten Theil seiner Bahn zurückgelegt hat und jetzt beiläufig in seiner grössten Entfernung vom Hauptsterne steht, welche $6\frac{1}{2}$ Sekunde beträgt. Diese scheinbare Distanz fällt jetzt ohngefähr mit derjenigen, die wir bei rechtwinklichter Ansicht haben würden, zusammen, später entfernt sie sich von ihr nach Innen. Um 1887 wird er sein Perihel erreichen und dann nur etwa 2″ vom Hauptstern entfernt sein, später scheinbar noch mehr zusammenrücken und für die Beobachtung schwieriger werden.

Von den übrigen hier dargestellten Doppelsternen hat nur die scheinbare Bahn gezeichnet werden können; η Cassiopejae wird wahrscheinlich noch ein Jahrhundert laufen müssen, ehe eine Bahnbestimmung gewagt werden kann; noch längere Zeit ν Cancri und der 1757ste *Struve*'sche Stern. Dagegen scheint bei ξ Bootis, 44 Bootis, ω Leonis dieser Zeitpunkt nicht mehr fern zu sein; und von ζ Cancri, einem dreifachen Stern, lässt sich die Umlaufszeit des nähern Begleiters schon jetzt auf 58 — 59 Jahre bestimmen, nur für die übrigen Elemente der Bahn werden wir noch einige Jahrzehende warten müssen, da er zwischen 1782 und 1826 nicht beobachtet worden ist. Der zweite und entferntere Begleiter dagegen hat in 58 Jahren kaum den zehnten Theil seines scheinbaren Umlaufs zurückgelegt, und über den wahren lässt sich jetzt und in der nächsten Zukunft noch gar nichts bestimmen.

Der Stern 44 Bootis, den *Herschel* 1781, und erst nach einem Zwischenraum von 38 Jahren *Struve* wieder beobachtete, muss in der Zwischenzeit eine fast centrale Bedeckung des Begleiters vom Hauptstern (oder umgekehrt) dargeboten haben. Jetzt (1841) gehört er gar nicht mehr zu den schwierigen Doppelsternen.

Im Allgemeinen kann man, da die Beobachtungen der Doppelsterne, des ungemein kleinen Winkels wegen, den für unsern Anblick die ganze Bahn einschliesst, verhältnissmässig weit ungenauer ausfallen als die eines Körpers unsers Sonnensystems, nicht erwarten, eine Bahn dieser Art auch nur annähernd zu bestimmen, wenn nicht mindestens $\frac{1}{3}$ derselben wirklich beobachtet ist.

Die beiden Mars-Hemisphären.



Iupiter.



Die beiden Mars-Hemisphären.



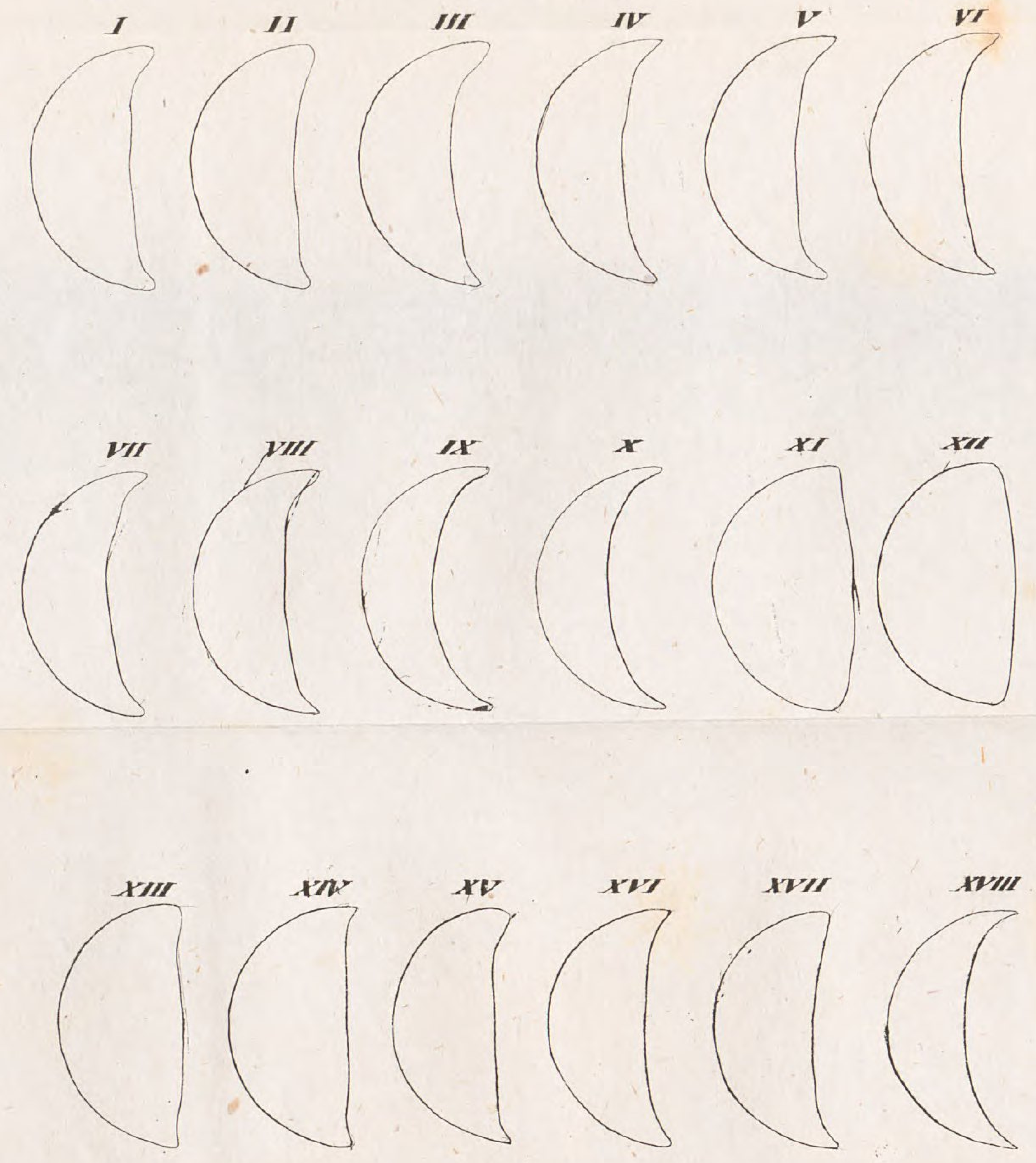
Jupiter.



Mondlandschaft Schröter.

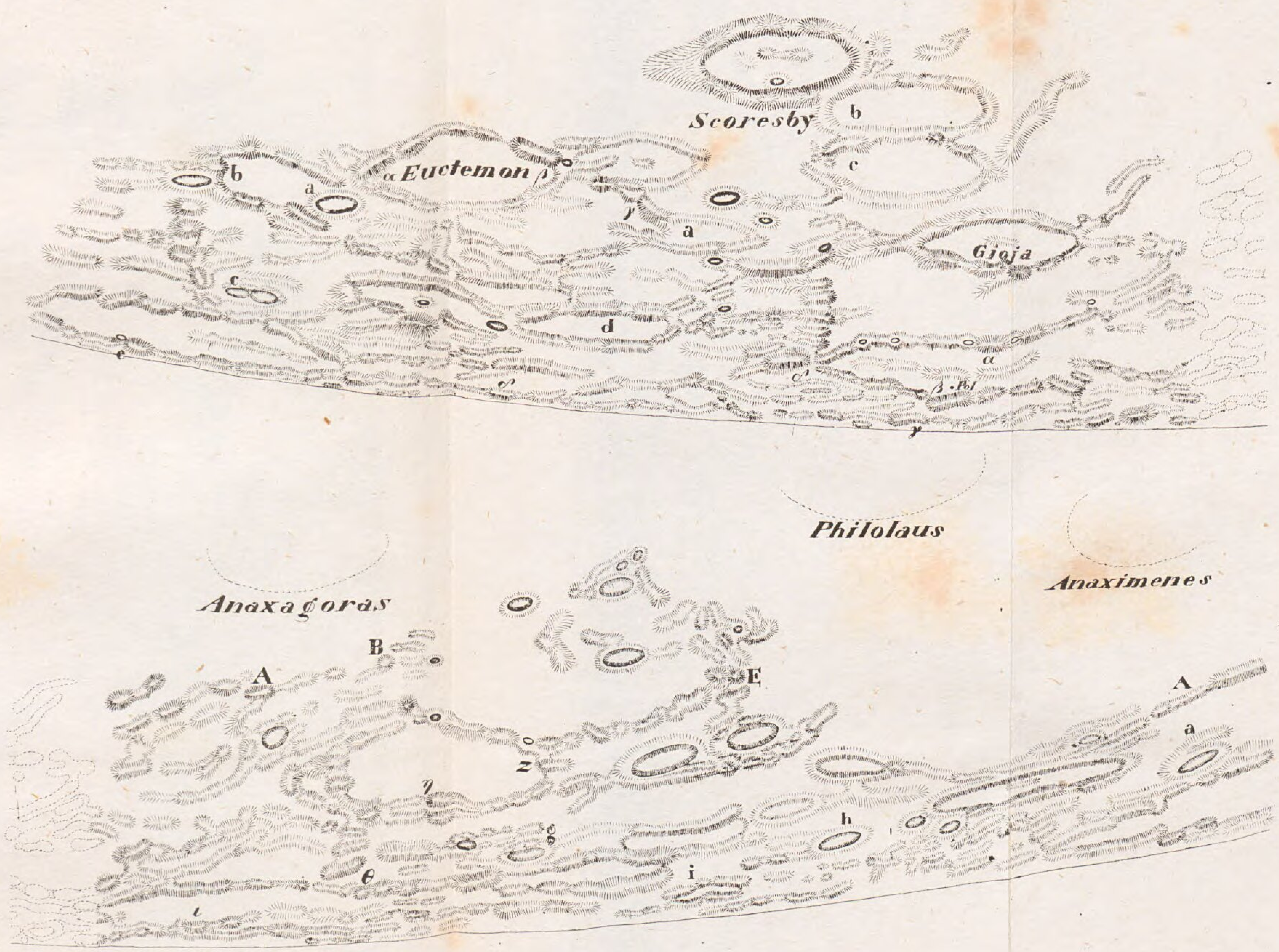


Venus.



Tab. II.

Umgegend des Mond-Nordpols. Tab. III.



Tab. V.



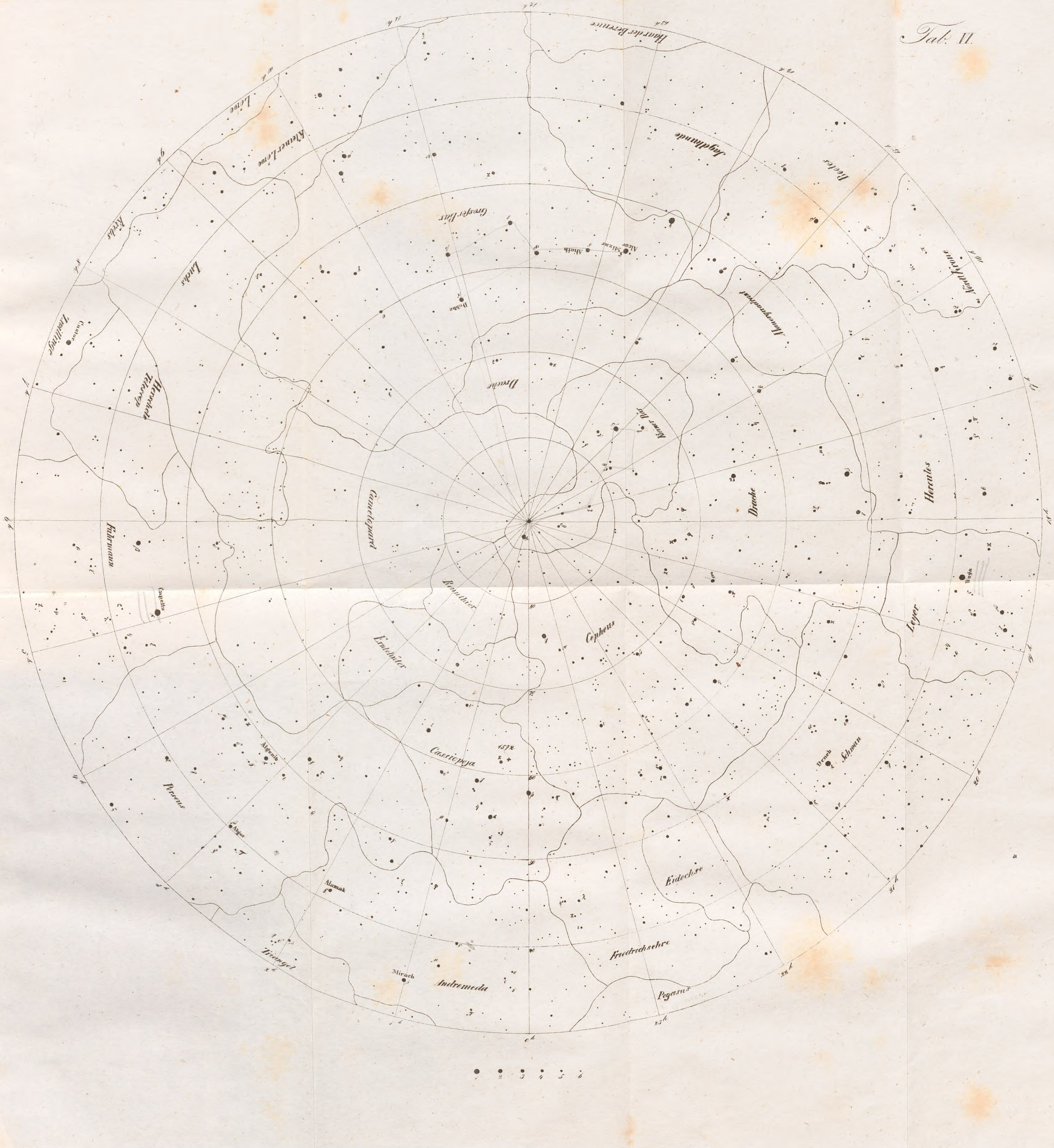
Mondlandschaft **GASSENDI**, am Dorpater Refractor gezeichnet v. Mädler.

Tab. IV.



Mondlandschaft **FRACASTOR**, am Dorpater Refractor gezeichnet v. Mädler.

Tab. VI.



Tab. VII


12h
11h
10h
9h
8h
7h
6h
5h
4h
+20
+10
0
-10
-20
Löwe
Denebola
Regulus
Nördl. Esel
Praesepe
Südl. Esel
Krebs
Pollux
Zwillinge
Propus
Hyaden
Aldebaran
Sextant
Kleiner Hund
Procyon
Orion
Beteigeuze
Bellatrix
Einhorn
Rigel
Alphard
Wasserschlange
Becher
Katze
Luftpumpe
Compaß
Buchdruckerwerkstatt
Schiff Argo
Sirius
Grosser Hund
Hase
Grabstichel
Brandenburg Scepter

Tab. VIII




20h
19h
18h
17h
16h
15h
14h
13h
12h
+20
+10
0
-10
-20
Schwan
Albireo
Leyer
Fuchs
Pfeil
Adler
Athair
Hercules
Nördl. Krone
Gemma
Mirac
Bootes
Arcturus
Haar der Berenice
Ras Algethi
Ras Alhague
Poniatowskischer Stier
Ophiuchus
Schlange
Vindemiatrix
Jungfrau
Waage
Yed
Spica
Sobiesky's Schild
Schlange des Ophiuchus
Zubenhakrabi
Zubeneschemali
Algorab
Rabe
Einsiedlervogel
Zubenelgubi
Antares
Schütze
Scorpion
Wolf
Centaur
1604


Tab: IX.


4h
3h
2h
1h
0h
23h
22h
21h
20h
+20
+10
0
-10
-20
Triangel
Andromeda
Scheat
Plejaden
Mesarthim
Widder
Stier
Algenib
Markab
Pegasus
Fuchs
Schwan
Delphin
Fische
Enif
Kl. Pferd
Menkar
Adler
Georgsharfe
Mira
Wallfisch
Ancha
Wassermann
Baten Kaitos
Eridanus
Deneb Kaitos
Steinbock
Chemischer Ofen
Electrisir Maschine
Bildhauer Werkstatt
Fomalhaut
Südl. Fisch
Luftball

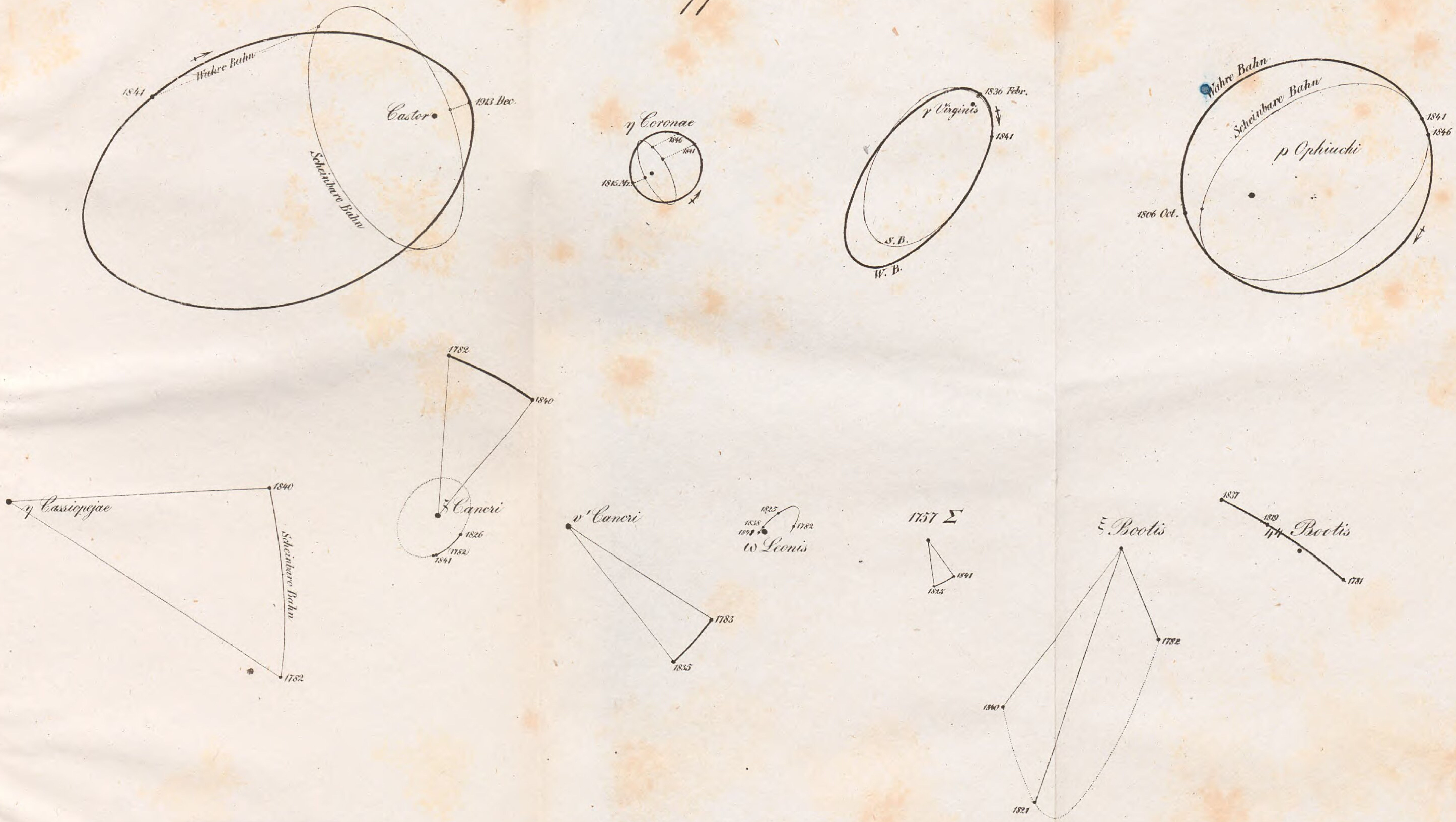
Hauptgruppe der Nebelflecke.

Tab: I.




gruppe der Nebelfle

Doppelsternbahnen.



Bayerische
Staats-
Bibliothek
München

[illegible]

rg Kön
Münch